CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

Proyecto de Graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por los profesores Ing. Milton Sandoval Quirós, Ing. Manuel Alán Zuñiga, Ing. Mauricio Araya Rodríguez, Ing. Ángel Navarro Mora, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

MILTON ANTONIO SANDOVAL QUIROS (FIRMA)
Firmado digitalmente por MILTON ANTONIO SANDOVAL QUIROS (FIRMA)
Fecha: 2021.02.04 16:13:11 -06'00'

Ing. Milton Sandoval Quirós.
En representación del Director

MANUEL ANTONIO ALLAN ZUÑIGA (FIRMA)
Digitally signed by MANUEL ANTONIO ALLAN ZUÑIGA (FIRMA)
Date: 2021.02.04 16:51:55 -06'00'

Ing. Manuel Alán Zuñiga.
Profesor Guía

MAURICIO ESTEBAN ARAYA RODRIGUEZ (FIRMA)
Firmado digitalmente por MAURICIO ESTEBAN ARAYA RODRIGUEZ (FIRMA)
Fecha: 2021.02.04 20:52:23 -06'00'

Ing. Mauricio Araya Rodríguez.
Profesor Lector

ANGEL HUMBERTO NAVARRO MORA (FIRMA)
Firmado digitalmente por ANGEL HUMBERTO NAVARRO MORA (FIRMA)
Fecha: 2021.02.04 11:17:15 -06'00'

Ing. Ángel Navarro Mora.
Profesor Observador

Análisis comparativo del sistema constructivo de mampostería modular Armabloque con el sistema constructivo de mampostería tradicional

Abstract

This project is based on comparative analysis of masonry systems Armabloque (modular) and Traditional, focused on cost, time, labor performance and quality. Two housings are evaluated, the first is developed with Modular masonry system and the second one with Traditional masonry system.

Information was obtained on site with videos of the activities carried out in gray work for both masonry systems and the waste was quantified.

This was made in order to measure crew productivity trough methodologies Five Minutes Rating and Crew Balance, furthermore obtain the crew performance, applied to the made activities and in this way develop a schedule to determine the estimated execution time of the work according to the masonry system used.

Also, the housings budget was obtained, including materials cost, waste generated and labor workforce. A list of quality problems detected for both masonry systems is presented.

This information is analyzed to conclude that main difference between these systems is on quality and cost of waste material generated.

Key words: performance, productivity, costs, modular masonry system, traditional masonry system

Resumen

Este proyecto se basa en el análisis comparativo del sistema de mampostería modular Armabloque contra el sistema de mampostería tradicional bajo el enfoque de costo, plazo, rendimientos de la mano de obra y calidad. Para ello se evalúan 2 viviendas, la primera desarrollada con el sistema de mampostería modular Armabloque y la segunda con el sistema de mampostería tradicional.

Se recopiló la información en campo en forma de video de las actividades realizadas en obra gris para ambos sistemas de mampostería y se cuantificó el desperdicio de dichas actividades.

Esto con el fin de medir la productividad de las cuadrillas mediante las metodologías “Five Minutes Rating” y “Crew Balance”, además de obtener el rendimiento real de las cuadrillas, aplicado a las actividades que realizaron y así desarrollar una programación que determine el plazo estimado de ejecución de la obra de acuerdo con el sistema de mampostería utilizado.

Se obtuvo también el presupuesto de las viviendas, que incluye costo de los materiales colocados, los desperdicios generados y de la mano de obra. Se presentan una lista de problemas de calidad detectados para ambos sistemas de mampostería.

Se analiza dicha información para concluir que la diferencia principal entre ambos sistemas de mampostería se encuentra en la cantidad y costo de los materiales de desperdicio generados.

Palabras clave: rendimientos, productividad, costos, sistema de mampostería modular, sistema de mampostería tradicional.

Análisis comparativo del sistema constructivo de mampostería modular Armabloque con el sistema constructivo de mampostería tradicional

MAURICIO DE JESÚS FUENTES CASTILLO

Proyecto final de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Diciembre de 2020

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

Prefacio 1
Resumen ejecutivo 2
Marco teórico 4
Introducción 12
Metodología 13
Resultados 21
Análisis de los resultados 53
Conclusiones 65
Recomendaciones 67
Apéndices 68
Anexos 69
Referencias 70

Prefacio

Una gran cantidad de proyectos de construcción que se desarrollan en el país corresponde a soluciones de vivienda, lo que conlleva a las empresas constructoras a competir y a ofrecer viviendas con el menor costo posible, en el menor plazo de ejecución y con la mayor calidad posible.

Armabloque Sistemas de Construcción y Grupo Pirie son empresas constructoras que para el desarrollo de sus proyectos toman datos históricos o de su experiencia en proyectos anteriores para estimar el plazo de ejecución de la obra y su costo.

Con esto las empresas involucradas tendrán datos actualizados y reales aplicados a los sistemas de mampostería que utilizan y les permitirá estimar de mejor manera el plazo y costo para futuros proyectos que desarrollen.

Se les brinda información de las actividades en las que deben aumentar la productividad de las cuadrillas y su rendimiento, además de problemas de calidad detectados que deben mejorar, ya que ambas empresas se preocupan por la mejora continua de sus procesos y productos.

Tener la comparativa entre estos datos permite seleccionar el sistema de mampostería que mejor se adapte a las necesidades del proyecto, ya que las condiciones de trabajo varían en todos los proyectos, permite también detectar cuáles actividades son las que generan mayores cantidades de desperdicios ya que esto además de impactar el bolsillo del cliente y de la empresa, afecta de forma negativa el medio ambiente.

El objetivo principal de este proyecto corresponde al análisis comparativo del sistema de mampostería modular Armabloque con el sistema de mampostería tradicional bajo el enfoque de plazo, costo, mano de obra y calidad, la importancia del desarrollo de este proyecto se encuentra en que se generan datos de rendimientos reales para ambos sistemas de mampostería, así como el plazo de ejecución y costo de los materiales colocados, materiales de desperdicios y mano de obra.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a Dios y le doy la honra y la gloria por su amor, misericordia y escuchar mis oraciones, darme sabiduría, paz y fortaleza para llegar a culminar una de las etapas más importantes de mi vida.

Agradecimientos

Quiero agradecer a mi mamá María Castillo por todo su amor, apoyo, consejo y ayuda para crecer como profesional y ser humano, a Anllel Zúñiga por cada día que me brindó su ayuda para ser cada vez mejor, a mis amigos por cada recuerdo que hicimos a lo largo de estos años.

Extiendo un agradecimiento a mi profesor guía Manuel Alán Zúñiga por su gran aporte en conocimiento, cada consejo que ayudó a mejorar mi proyecto y por cada palabra de motivación que dio durante este proceso.

Finalmente agradezco a las empresas Armabloque Sistemas de Construcción y Grupo Pirie por brindarme la oportunidad y confianza de visitar sus proyectos, conocer sus procesos constructivos y desarrollar mi tesis de graduación.

Resumen ejecutivo

Para las empresas constructoras aspectos como los rendimientos, productividad de la mano de obra, plazos de ejecución y costos del proyecto cambian dependiendo del sistema constructivo utilizado y son de importancia para el éxito de las distintas obras que desarrollan.

En este proyecto se busca generar información para realizar el análisis comparativo entre el sistema de mampostería modular Armabloque y el sistema de mampostería tradicional desde el enfoque de plazo, costo, mano de obra y calidad para dos viviendas unifamiliares, una desarrollada con el sistema de mampostería modular Armabloque y otra con el sistema de mampostería tradicional.

Las empresas constructoras involucradas en este proyecto toman supuestos o datos históricos de proyectos anteriores para determinar el costo y plazo de ejecución de los proyectos que tienen a cargo.

La importancia de desarrollar este proyecto se encuentra en que se va a generar información actualizada que brindará datos importantes sobre programación de la obra y rendimientos reales aplicables al sistema de mampostería modular Armabloque y tradicional, así como costos de la obra con dichos sistemas constructivos y que ahorro implica para la empresa construir con uno u otro sistema de mampostería, por último se compara la calidad del acabado final en obra gris de los elementos del proyecto según recomendaciones del Instituto Costarricense del Cemento y el Concreto.

La metodología para desarrollar este proyecto se realizó en dos etapas:

La primera de visitas a campo y recolección de datos en las cuáles se realizó la toma de videos de las distintas actividades del proceso constructivo de ambas viviendas con su respectivo sistema de mampostería utilizado, se midieron los desperdicios generados en el área auditada para cada actividad evaluada.

Las visitas se realizaron en el proyecto de Escazú Urbano, desarrollado por Armabloque Sistemas de Construcción, utilizando el sistema de mampostería modular y en el condominio Plaza Aranjuez, en la cuál Grupo Pire desarrolla viviendas unifamiliares utilizando el sistema de mampostería tradicional, dichas empresas son las involucradas en este proyecto al estar interesadas en la obtención de los datos generados con el mismo.

La segunda etapa de análisis de datos en la que, a partir de los videos tomados de las actividades realizadas por las cuadrillas, se evalúan las productividades de las cuadrillas en cada actividad realizada mediante las técnicas de “Five Minutes Rating” y “Crew Balance”.

Al conocerse el volumen de trabajo realizado y el tiempo invertido en las distintas actividades se calcularon los rendimientos de las cuadrillas en cada actividad para el sistema de mampostería modular y tradicional. Estos rendimientos permiten estimar el plazo de ejecución de los proyectos con su respectivo sistema de mampostería utilizado.

La estimación del costo de cada vivienda con su respectivo sistema de mampostería fue realizada cuantificando la cantidad de materiales necesarios para su construcción en obra gris de acuerdo con los planos taller entregados por Armabloque Sistemas de Construcción y Grupo Pirie.

Se calcularon los rendimientos de los materiales a partir del área auditada y el residuo generado en esa área, estos rendimientos de los materiales permiten estimar los desperdicios para todo el proyecto y su respectivo costo.

El costo de los materiales para ambos sistemas de mampostería fue determinado a partir de una recolección de información de precios de distintos proveedores, depósitos y ferreterías del país. Así mismo el costo de la mano de obra fue posible determinarla al conocerse el plazo de finalización de cada proyecto y basando el precio del salario de os

trabajadores a partir del lista de Salarios mínimos para el sector privado del (Ministerio de Trabajo, 2019).

Se encuentran, en este trabajo, problemas de calidad detectados, así como un análisis comparativo entre ambos sistemas de mampostería evaluados, del cual se concluyó que la productividad de las cuadrillas de trabajo está por debajo de los valores óptimos de productividad para la construcción independientemente del sistema de mampostería utilizado.

Además, que la diferencia ambos sistemas de mampostería no se encuentra en el plazo de ejecución del proyecto, ni en el costo/m^2 para cada vivienda, sino en la cantidad de desperdicios generados, el porcentaje de costo que representa para la obra y la calidad del acabado final en obra gris para ambos sistemas de mampostería.

Marco teórico

Productividad en la construcción

Se puede definir la productividad en la construcción como “la medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un proyecto en específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado” (Botero & Álvarez, 2012), en la que debe haber una relación entre lo producido y lo gastado.

La productividad involucra los conceptos de eficiencia y la efectividad dentro de los distintos procesos constructivos, en la que ocurre una transformación de insumos y recursos como los materiales, mano de obra, maquinarias, herramientas, equipo e información (Botero & Álvarez, 2012), todos estos elementos relacionándose constantemente entre sí durante el proceso de ejecución del proyecto.

(Leando Hernández, 2018) en el Manual de buenas prácticas para incrementar la productividad en procesos de construcción indica que la productividad se puede expresar como:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Resultados logrados}}{\text{Recursos empleados}}$$

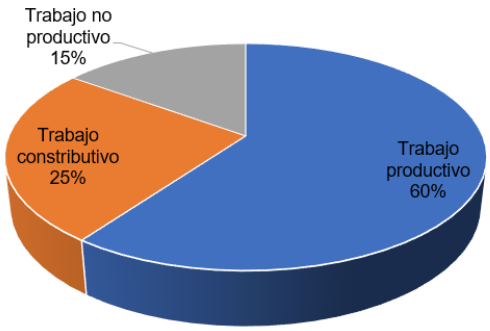


Figura 1. Valores óptimos de la productividad en la construcción. Fuente: (Serpell, 2002)

Se puede hablar entonces de diferentes tipos de productividad en la construcción, los cuáles se listan a continuación.

Productividad de los materiales

“Por su costo es importante evitar los desperdicios” (Botero & Álvarez, 2012).

Productividad de la mano de obra

Es uno de los factores fundamentales de la construcción ya que es el recurso que define o fija el ritmo de trabajo de una construcción y del cual depende la productividad de otros recursos (Botero & Álvarez, 2012).

Productividad de la maquinaria

Debido al alto costo que esta representa es muy importante tomar en cuenta, por lo tanto, es importante racionalizar su uso en los proyectos para evitar tiempos muertos (Botero & Álvarez, 2012). No se tomará en cuenta para este proyecto ya que se escapa del alcance de este.

Factores que afectan la productividad en la construcción

Existe una gran cantidad de factores que pueden afectar la productividad en la construcción y que generan tiempos muertos o improductivos entre ellos se pueden mencionar:

Factores internos:

a) Diseño y planificación del terreno y edificios.
b) Ubicación de la obra.
c) Materiales utilizados.
d) Problemas entre el recurso humano.
e) Tipo de contrato.
f) Condiciones de trabajo.
g) Métodos inadecuados de trabajo o exceso de modificaciones durante la ejecución de la obra.
h) Problemas de los sistemas de control y supervisión.
i) Falta de información o información pobre como errores u omisiones en planos y especificaciones.
j) Agrupamiento de muchos trabajadores en espacios reducidos.
k) Falta de equipo y herramientas cuando se necesita
l) Alta tasa de accidentes en la obra

Factores externos:

a) Políticas empresariales no motivadoras.
b) Clima adverso.
c) Disponibilidad de capital.
d) Políticas estatales.
e) Ineficiencia de la administración.
f) Mano de obra calificada.
g) Disponibilidad de materiales.
h) Mala o escasa iluminación cuando se necesita.
i) Nivel de agua subterránea muy superficial.
j) Falta de equipo y herramientas cuando se necesita.
k) Exigencias excesivas de control de calidad
l) Interrupciones no controladas.

Sin embargo, como medida para mitigar estos factores negativos que afectan la productividad se pueden llevar a cabo a acciones que mejoren la misma como lo son:

a) Capacitación del personal.
b) Programas de seguridad en obra.
c) Uso de material y equipos modernos y en buen estado.
d) Buena planificación de la obra.
e) Programas de motivación del personal.
f) Estandarización de diseños, materiales y procesos.
g) Utilización eficiente de los contratistas y subcontratistas.
h) Buena supervisión de la obra.
i) Estudios de tiempos y movimientos para mejorar la eficiencia.
j) Optimización del sistema productivo.

Medición de la productividad

La productividad en la construcción puede ser medida en campo por medio de varias técnicas que requieren realizar observaciones constantemente, por lo que se convierte necesario calcular el número de observaciones a partir de una muestra de las poblaciones en estudio para que el trabajo sea confiable. Se describe a continuación algunos conceptos necesarios.

Cálculo del tamaño de la muestra o “n” muestral

Población

“Es el conjunto de elementos o individuos que reúnen las características que se pretenden estudiar”, cuando se conoce el número de individuos de la población, se le conoce como población finita, cuando no se conoce con exactitud el número de individuos de esta, se le conoce población infinita (Fuentelsaz Gallego, 2012).

Muestra

Es un subconjunto de la población formada por un grupo de individuos, esta debe de ser representativa de la población en estudio y se han de utilizar las técnicas adecuadas para garantizar dicha representatividad (Fuentelsaz Gallego, 2012).

Definir el tamaño de la muestra es importante ya que con esto se evita derrochar recursos tanto materiales, como humano y de tiempo (Fuentelsaz Gallego, 2012).

Cálculo del tamaño de la muestra “n”

Para calcular el tamaño de la muestra “n”, es importante definir el intervalo de confianza, el cual, está determinado por la estimación puntual o probabilidad de éxito (p_0) y por la precisión o anchura del intervalo (d), por lo que la ecuación para el cálculo de “n” es:

$$n = \frac{Z_\alpha^2 \cdot p_0 \cdot q_0}{d'^2}$$

Donde:

- p_0: prevalencia esperada del parámetro o probabilidad de éxito.
- Z_α: nivel de confianza elegido, determinado por α, habitualmente se utilizada una confianza del 95% (α=0,05)
- d: precisión o error admitido
- q_0: probabilidad de fracaso

El valor de “n” dependerá de los valores que se seleccionen para introducir en la fórmula, así que para una mayor precisión se necesita un mayor tamaño de muestra, en la tabla 1 se aprecian los diferentes valores de “n” según el índice de confianza, prevalencia y precisión introducidos (Fuentelsaz Gallego, 2012).

Tabla 1. Diferentes tamaños muestrales

α (Z_α)	p	D	n
0,05 (1,96)	0,20	0,08	97
0,05 (1,96)	0,20	0,04	385
0,01 (2,576)	0,20	0,08	166
0,01 (2,576)	0,20	0,04	664

Metodologías para determinar la productividad

Existen varias técnicas que permiten medir la productividad de las diferentes actividades de la construcción, estas son:

Five Minutes Rating

Consiste en tomar mediciones durante intervalos definidos por el observador, en los que se registra la actividad específica a la que se dedica cada trabajador al momento de la medición (Rojas Calderón, 2012). También se puede definir como la suma de observaciones en un período de tiempo muy corto, con un número de observaciones pequeño pero necesario para ofrecer la confianza estadística del muestreo (Brenes Serrano, 2014).

Se establecen 3 categorías para la medición del trabajo:

a) Trabajo productivo: es el proceso de agregar una unidad de trabajo real a lo que se construye (Thomas & Daily, 1983). (Serpell, 1986) lo define como el trabajo que aporta de forma directa a la construcción, algunos ejemplos son: fabricación, montaje, desmontaje, armado, entre otros.
b) Trabajo contributivo: actividad que no agrega, pero que es necesaria de realizar para terminar la unidad de trabajo requerida (Thomas & Daily, 1983). Es necesario de que se realice para que exista el trabajo productivo (Serpell, 1986).
c) Trabajo no productivo: se refiere a actividades como no hacer nada o que no son necesarias para terminar el producto final (Thomas & Daily, 1983). Algunos ejemplos son: ocio innecesario, traslados de más de 10 m del lugar de trabajo, hablar, entre otros.

Work Sampling

Esta técnica consiste en “registrar la cantidad de trabajadores “trabajando” y “no trabajando” durante intervalos de tiempo para el posterior análisis de la productividad respecto al total de mediciones” (Rojas Calderón, 2012).

Crew Balance

Este método se basa en analizar a cada uno de los trabajadores de la cuadrilla por separado y registrando el tiempo que cada uno de ellos dedica a una actividad en específico, para su posterior análisis se utilizan gráficos de barras capados al 100%, en donde el eje “x” representa a los trabajadores y el eje “y” el tiempo que dedican a las actividades realizadas durante las observaciones (Rojas Calderón, 2012).

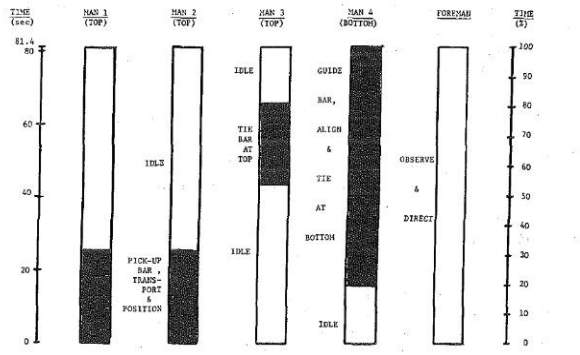


Figura 2. Metodología Crew Balance. Fuente: (Thomas & Daily, 1983)

La figura 2 muestra un ejemplo de cómo se representa la metodología Crew Blance.

Sistema constructivo Armabloque

El sistema constructivo Armabloque consiste en un sistema de mampostería modular de bloques de concreto, compuesta por tres piezas, la primera consiste en una pieza base con medidas nominales de 13,5x20x45 cm y otras 2 que son complementos, uno con medidas nominales de 13,5x20x30 cm y el otro 13,5x20x15 cm (ver figura 3).

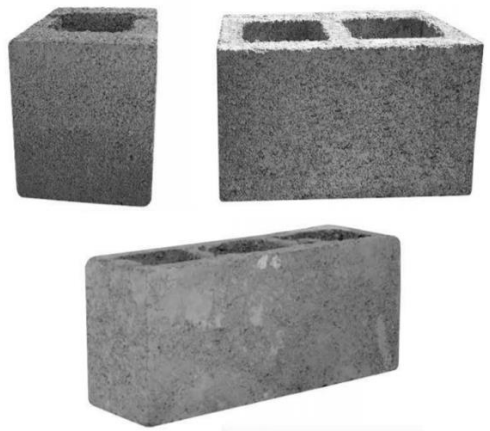


Figura 3. Bloques modulares Armabloque. Fuente: (Armabloque Sistemas de Construcción, 2020)

Las 3 piezas corresponden a bloques de concreto clase A, tal y como lo indica el Código Sísmico de Costa Rica en la sección 17.3.3 “para estructuras de mampostería debe utilizarse mampostería clase A o B” y que “el espesor de las paredes que resistan cargas de sismo o debe ser inferior a 12 cm, y para paredes que soportan entrepiso no debe ser inferior a 15 cm”

La mampostería clase A debe alcanzar a los 28 días una resistencia promedio a la compresión no menor a 133 kg/cm^2.

Con estos tres tipos de bloques clase A, más el refuerzo vertical y horizontal de las celdas, Armabloque logra el levantado de paredes sin la necesidad de realizar ajustes o cortes

Este tipo de mampostería modular e integral reduce costos por cementos, agregados, formaleta y acero ya que no requiere colar columnas de confinamiento.

Medidas modulares de la vivienda

Se elabora un plano taller en el cuál todas las paredes están previamente moduladas y adaptadas a las dimensiones de los bloques de Armabloque, esto con el fin de evitar el corte y desperdicio de los bloques.

Se presenta además la ubicación de los aceros verticales y horizontales con su respectiva separación y la correcta ubicación de las vigas según su tipo, es importante tomar en cuenta que estas medidas no se deben alterar.

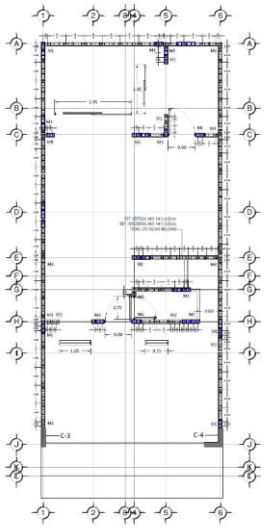


Figura 4. Plano taller de bloques y ubicación de acero vertical. Fuente: Grupo Pirie (2020).

Dimensiones de la excavación

Las dimensiones de la excavación se deben revisar a detalle cómo se indican en el plano taller y procurando siempre sobre la misma un recubrimiento de concreto entre 5cm y 7,5 cm.

El proyecto de Escazú Urbano no utiliza placas de cimentación, sino losa flotante, por lo que la excavación consiste en 10cm en el lugar que indique el plano taller.

Figura 5. Excavación para losa de cimentación

Traslape de armaduras prefabricadas

Se recomienda hacer el traslape de cimientos cortando los cuatro primeros aros de una de las armaduras prefabricadas, permitiendo así el introducir una armadura dentro de otra. No es necesario utilizar escuadras o varillas adicionales para el amarre de estas.

Las armaduras se colocan de forma tal que se dibuje una cruz entre los aros de una armadura y otra, coincidiendo esta cruz con la línea de centro de las paredes.

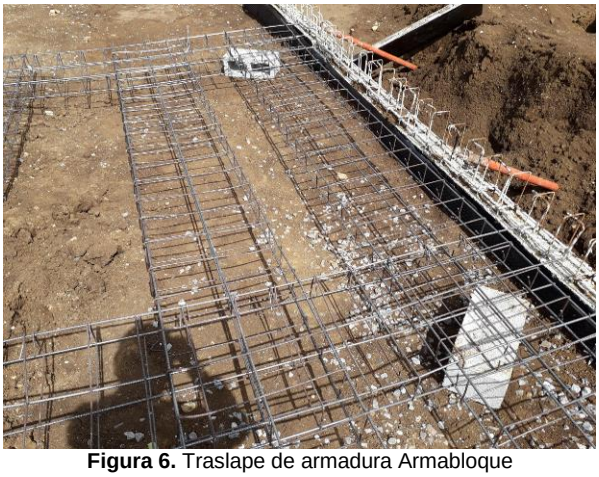


Figura 6. Traslape de armadura Armabloque

Colocación de acero vertical

El acero vertical se debe ubicar según lo indicado en el plano taller, respectando siempre las medidas de 15cm, 30cm, 45cm, 60cm o 75cm máximo entre varillas. Las varillas verticales deben coincidir con los aros de las armaduras de cimientos.

Figura 7. Acero vertical

Colocación de bloques y sisa vertical

En el plano taller se indica la forma correcta de colocar los tres tamaños de los bloques modulares, debe tenerse una especial atención al tamaño de la sisa vertical, la cuál debe ser entre

1cm y 1,5cm o de lo contrario se pueden desplazar las líneas de pared.

Los bloques de 15cm se deben utilizar únicamente para aberturas de puertas y ventanas donde generalmente se colocan los medios bloques.

Figura 8. Patrón de colocación de bloques modulares Armabloque.

Ganchos de refuerzo

En el sistema constructivo se suministran los ganchos de refuerzo, estos se colocan entre todas las hiladas de bloques o donde no se vaya a colocar acero horizontal según lo indique el profesional a cargo del proyecto.

Figura 9. Ganchos de refuerzo.

Armaduras de viga corona con viga bloque

Las armaduras prefabricadas viga bloque no requieres de la utilización de formaleta, garantizando en todas las celdas la presencia de aros o ganchos, se puede utilizar para uno o varios niveles y se confeccionan según lo indica el CSCR-2010, también pueden utilizarse como viga cargador.

Sistema Constructivo mampostería tradicional

El sistema constructivo de mampostería tradicional es el más utilizado, permite la construcción de estructuras de uno a cuatro niveles, haciendo uso de columnas y vigas de concreto reforzado, lo que la convierte en mampostería confinada (Martínez, 2012).

En el sistema de mampostería tradicional es necesario usar mampostería clase A o B (Colegio Federeado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica, 2010), generalmente utiliza bloques de dimensiones de 12x20x40 cm (ver figura 10). Los bloques de concreto son clase A los cuáles deben tener las siguientes características:

- f´c no menor a 133 kg/cm^2
- Absorción del 10%
- Tolerancia en dimensiones ±3 mm

Figura 10. Bloque de concreto tradicional N-12 clase A. Fuente: (Pedregal, 2020)

Etapas del proceso constructivo

Las etapas del proceso constructivo que se describe a continuación corresponden a las

detalladas en el Manual de Construcción con Bloques de Concreto del Instituto Costarricense del Cemento y el Concreto (ICCYC).

a) Marcar sobre el cimiento la línea de referencia ligada a los ejes de la obra, que permita ubicar el borde de la primera hilada de bloques a colocar.
b) Los bloques deben presentarse inicialmente sin mortero, esto para poder determinar si hay obstrucciones con la ubicación del acero o elementos de las instalaciones electromecánicas.
c) Colocar el mortero de junta sobre el cimiento en una longitud adecuada.
d) Colocación de las unidades de la esquina, verificando su alineamiento horizontal y vertical mediante un nivel de albañil.
e) Elevación de las esquinas de ambas esquinas del muro en tres o cuatro hiladas, dependiendo de las armaduras horizontales y verificando el alineamiento horizontal y vertical.
f) Colocar las unidades intermedias del muro, alineando con un cordel apoyado en las unidades extremas.
g) Eliminar de inmediato el mortero excedente que escurra al colocar cada bloque.

La armadura horizontal debe ser la indicada en planos estructurales, para la construcción de viviendas de uno o dos pisos, se recomienda colocar armadura horizontal cada tres o cuatro hiladas, además no se recomienda el uso de armadura en diagonal, ya que impide el llenado de las celdas (Instituto Costarricense del Cemento y el Concreto, 2007).

La armadura vertical se recomienda para viviendas de hasta 2 pisos de altura, además de varillas de las columnas, el uso de varilla #3 colocadas a cada 60cm en el centro del bloque (Instituto Costarricense del Cemento y el Concreto, 2007).

El mortero de junta de los bloques debe ser trabajable y tener una plasticidad que permita adherirse a los bloques, para asegurar dicha trabajabilidad de recomienda realizar la prueba de “la cuchara invertida” (Instituto Costarricense del Cemento y el Concreto, 2007).

Figura 11. Prueba de la cuchara invertida.

El mortero además debe mezclarse preferentemente usando una batidora mecánica de eje horizontal durante un período de 3 minutos y no mayor a 10 minutos y debe ser elaborado con una mayor cantidad de agua debido a que esta se pierde por la absorción de los bloques de concreto (Instituto Costarricense del Cemento y el Concreto, 2007).

El concreto de relleno de celdas debe tener un revenimiento de 20 a 25 cm y una resistencia de 175 kg/cm^2 para clase A, 140 kg/cm^2 para clase B y 120 kg/cm^2 para clase C. El concreto debe mezclarse preferiblemente usando batidora mecánica durante un período no menor de 3 minutos y no mayor a 10 minutos, el concreto de más de hora y media de fabricado debe ser descartado (Instituto Costarricense del Cemento y el Concreto, 2007).

El colado de las celdas se debe suspender a 5cm por debajo del nivel último bloque colocado, esto para crear una anclaje o llave de cortante con el concreto de la nueva alzada de bloques (Instituto Costarricense del Cemento y el Concreto, 2007).

Al momento de la pega de bloques el mortero debe esparcirse en la cara superior del bloque ya colocado y las laterales del bloque por colocar, procediendo a colocarlo hasta obtener una posición precisa. La junta debe tener un espesor de 0,6cm a 1,6cm máximo y se recomienda el sisado de dichas juntas para mejorar la adherencia del repello (Instituto Costarricense del Cemento y el Concreto, 2007).

Técnica de los cinco porqués

Esta técnica consiste en la exploración de un problema por medio de la causa-raíz de este,

repitiendo 5 veces la pregunta “porqué”. Esta técnica fue creada por Sakichi Toyoda para la fabricación de vehículos japoneses Toyota como una herramienta para la detección de problemas en producciones masivas (Morales, 2014).

Aplicar esta técnica es muy sencillo, ya que primero se define el problema que se quiere solucionar y luego sucesivamente preguntamos “porqué”. Algunas veces los problemas que se quieren solucionar tiene menos de 5 “porqués” y en otras ocasiones más de 5, por lo que hay que detenerse cuando ya no se encuentre un nuevo “porqué” (Morales, 2014).

Diagramas de Ishikawa o Causa-Efecto

El diagrama de Ishikawa recibe su nombre en honor al profesor Kaoru Ishikawa quién desarrollo esta herramienta en 1943. También recibe otros nombres como diagramas de Causa-Efecto o diagrama de Espina de Pescado por su similitud con el esqueleto de un pez (Neira, 2009).

Esta herramienta se utiliza para identificar las potenciales causas de un problema en específico del proceso, para esto se deben incluir las causas y la pregunta sobre el “porqué” de ellas. Las causas suelen representarse en las “espinas del pescado” para organizar gráficamente las causas del problema en estudio (Neira, 2009).

Existen métodos para la construcción y representación de una diagrama de Ishikawa entre ellos la técnica de las 6M (Neira, 2009).

Técnica de las 6M

Es el método más común para la construcción y representación de los diagramas de Ishikawa, consiste en agrupar las causas en seis ramas diferentes las cuáles son: método, mano de obra, maquinaria, materia prima, medición y medio ambiente (Neira, 2009)

Mampostería Modular vs mampostería tradicional

Se espera que la construcciones realizadas con mampostería modular racionalicen más el proceso para generar beneficios en comparación con la mampostería tradicional (Armabloque Sistemas de Construcción, 2020a). Algunas características que sirven para comparar ambos sistemas de mampostería se enuncian a continuación:

a) Menor desperdicio: en los sistemas tradicionales existe un desperdicio mayor al que se genera con el sistema de mampostería modular (Armabloque Sistemas de Construcción, 2020a).
b) Reducción de residuos de concreto: el sistema de mampostería tradicional produce un 50% o más de residuos en material de concreto en comparación con el sistema de mampostería modular (Armabloque Sistemas de Construcción, 2020a).
c) Ahorro en mano de obra: El costo por m^2 de mano de obra se reduce hasta la mitad en comparación al sistema tradicional (Armabloque Sistemas de Construcción, 2020a).
d) Menor impacto ambiental: al ahorrarse tiempo, materiales de desperdicios, agua, madera, entre otros, el sistema modular tiene un menor impacto ambiental (Armabloque Sistemas de Construcción, 2020a)
e) Rapidez de armado del sistema: se reduce significativamente los plazos de entrega de los proyectos

Introducción

La construcción en Costa Rica es de gran importancia para el desarrollo económico, ya que impulsa otros sectores productivos, dando respuesta a las necesidades de la población al desarrollar diversos proyectos de infraestructura y soluciones de vivienda (Botero & Álvarez, 2012).

La ejecución de los proyectos de construcción depende directamente del recurso humano, por lo que este tiene un impacto en la productividad, plazos y costos del proyecto (Leando, 2018)

Mejorar el rendimiento y la productividad de los trabajadores de la construcción depende de comprender los distintos factores que lo afecta (Soekimana et al, 2011; mencionado por Leando, 2018)

Los rendimientos, los cuáles determinan el plazo de ejecución del proyecto, así como los residuos generados en la construcción dependen del sistema constructivo utilizado (Martínez, 2012).

Se han desarrollado diversos trabajos e investigaciones en estas áreas como por ejemplo “Análisis de rendimientos y productividad de mano de obra para la empresa La Puerta del Sol Equipo Constructor S.A” desarrollado por (Brenes, 2014). Otros trabajos importantes a mencionar corresponden a “Análisis comparativo de residuos de construcción generados en un mismo modelo de vivienda con sistema tradicional vs. diseño modular” desarrollado por Martínez, 2012 y “Análisis de productividad en procesos de armadura en el proyecto The IVY de la empresa Edica Ltda” desarrollado por (Montiel, 2016).

A pesar de que existen estudios similares a este, el presente proyecto viene a generar información de productividad y rendimientos de la mano de obra, tiempo de ejecución y costos para proyectos que corresponden a soluciones de viviendas a nivel nacional.

Para ello, en este proyecto se pretende realizar como objetivo principal un análisis comparativo entre el sistema constructivo de mampostería modular Armabloque con el sistema constructivo de mampostería tradicional bajo el enfoque de plazo, costo, mano de obra y calidad.

Para el desarrollo de este análisis comparativo, es necesario realizar objetivos específicos que en conjunto forman dicho análisis comparativo, entre estos objetivos, el primero consiste en el cálculo de rendimientos para el desarrollo de la programación del modelo de vivienda construido con el sistema de mampostería modular Armabloque y el modelo de vivienda construido con el sistema de mampostería tradicional.

El segundo objetivo específico consiste en desarrollar el cronograma y presupuesto real de los proyectos con su respectivo sistema de mampostería utilizado, para la identificación de las actividades con mayor variación en estos rubros, el presupuesto contiene información del costo de los materiales colocados, costo de los materiales de desperdicio generados en función con el sistema de mampostería utilizado y costo de la mano de obra el cual está en función del plazo de ejecución determinado a partir de los rendimientos.

El tercer objetivo identifica para cada sistema constructivo los problemas de calidad que se presentaron al evaluar cada modelo de vivienda, así como sus posibles causas y efectos sobre la programación, el costo o la mano de obra.

Como último objetivo de este proyecto se obtiene un modelo de programación, presupuestación, control de calidad y cálculo de rendimientos a partir de la información y datos obtenidos que facilita tener claro cuales son las diferencias entre ambos sistemas de mampostería al momento de desarrollar soluciones de vivienda.

Metodología

Investigación y sus tipos

La investigación se define como un proceso sustentado en el método científico que intenta adquirir, aplicar y crear conocimientos. Lleva implícito nociones de seguir pistas, encontrar, preguntar, sondear, inspeccionar (Bastar Gómez, 2014).

Es una actividad sistemática que se realiza con el propósito de incorporar nuevo contenido sobre una materia o con la finalidad de indagar sobre un tema del cual se desconoce, por lo que tiene como objetivo principal alcanzar y crear conocimientos (Bastar Gómez, 2014).

Tamayo y Tamayo citado por Bastar Gómez (2014) define la investigación como:

> Un proceso que, mediante la aplicación del método científico, procura obtener información relevante y fidedigna para entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento.

Otros autores definen la investigación como la acción de realizar actividades intelectuales y experimentales de modo sistemático con el fin de aumentar los conocimientos sobre un tema o diversos campos de la ciencia y la tecnología (Cheesman, 2010).

Existe una gran variedad de tipos de investigación, algunas de ellas son:

Investigación explorativa

Tiene la finalidad de aumentar el grado de familiaridad con fenómenos relativamente desconocidos, es la primera fase de una investigación, procura un avance en el conocimiento de una fenómeno con el propósito de precisar un problema de investigación (Causas, 2005).

Este tipo es muy recomendada para investigadores que recién inician las tareas de la investigación y para estudiantes de pregrado, ya que, se aumenta el conocimiento del investigador con la problemática de interés y posteriormente se realiza un estudio estructurado en otros niveles (Causas, 2005).

Investigación transversal

En este tipo de investigación se recolectan datos de un solo momento, en un tiempo único de la muestra de una población, su propósito es describir variables y analizar su incidencia en un momento dado (Hernández Sampieri et al., 2014).

La investigación de este tipo puede derivar en un diseño transeccional correlacional-causal, el cual describe la relación entre dos o más categorías en un momento determinado (Hernández Sampieri et al., 2014)

Investigación cuantitativa

En este tipo de investigación se recogen y analizan datos sobre variables, estudia la asociación o relación entre variables cuantificables y trata de determinar la fuerza de asociación o correlación entre variables, la generalización y objetivación de los resultados obtenidos de una muestra para hacer inferencias a una población de la cuál toda la muestra procede (Fernández & Díaz, 2003).

Investigación comparativa

Se deriva de los estudios correlacionales, la investigación comparativa se utiliza para determinar las diferencias en los valores de algunas variables entre distintos grupos (Causas, 2005).

Este proyecto de graduación aplica principios de los tipos de investigación explicados anteriormente, la investigación explorativa se realizó en una etapa previa al inicio de las visitas a campo, ya que el estudiante debía familiarizarse con conceptos y etapas de los procesos constructivos que desconocía, entre ellas búsqueda de literatura que explique el proceso constructivo del sistema de mampostería tradicional y una visita técnica a las oficinas de Armabloque Sistemas de Construcción, en la cuál el estudiante recibió una inducción acerca de como se desarrolla una vivienda utilizando el sistema constructivo de mampostería modular Armabloque.

Durante las visitas a campo se recolectó información de las distintas variables como lo son productividad, materiales colocados, materiales de desperdicios y problemas de calidad en un momento único en el tiempo, aplicando la investigación transversal. Además, se tomaron videos y anotaciones en campo para tratar de determinar la causa-efecto del comportamiento de las cuadrillas para ambos sistemas de mampostería, así como búsqueda literaria que permitiera correlacionar las causas de la productividad y rendimientos con estos comportamientos y los problemas de calidad detectados, aplicando el diseño transeccional correlacional-causal de la investigación transversal.

Todas las variables al ser medidas y analizadas permitió obtener valores de productividad, rendimientos, cantidad de materiales de desperdicio, costos y plazos que permite inferir con cuál sistema de mampostería se obtienen mejores resultados y si existe diferencia en estos, de esta forma se aplica la investigación cuantitativa y comparativa en este proyecto de graduación.

Sujetos de información

Son las personas que son objetos de estudio, que también se les conoce como población (Schmidt Fonseca, 2012). Sin embargo por ahorro de tiempo y recursos es necesario definir una muestra (Hernández Sampieri et al., 2014). Algunos tipos de muestra son:

Muestra no probabilística

La elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con la investigación (Hernández Sampieri et al., 2014).

Muestra probabilística

Todos los elementos de la población tienen la misma posibilidad de ser escogidos para la muestra por medio de una selección aleatoria (Hernández Sampieri et al., 2014).

Para este proyecto de graduación, los sujetos de información corresponden a las cuadrillas seleccionadas para recopilar información de productividad y rendimientos de las distintas actividades del proceso constructivo.

Se evaluaron varios grupos de cuadrillas para abarcar la mayor cantidad posible de la población y tener una muestra representativa de la misma, además estas cuadrillas debían estar conformadas por una cantidad de trabajadores que permitiera obtener la cantidad de observaciones mínima (385 observaciones) para alcanzar al grado de confianza de 95% deseado en la evaluación de estas actividades.

Estas cuadrillas y sus miembros fueron seleccionados mediante un muestreo probabilístico, es decir, se seleccionaron al azar, por lo que cualquiera puede ser elegido.

Se considera que esta manera de seleccionar los sujetos de estudio es la más adecuada, ya que para ambos sistemas de mampostería los miembros de las cuadrillas cambian de un proyecto a otro.

Los sujetos de información para el sistema de mampostería modular y tradicional se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 2. Sujetos de información para los sistemas de mampostería modular Armabloque y tradicional.

Sistema	Sujetos	Información que suministraron
Mampostería modular Armabloque	Cuadrilla 1-A	Datos de tiempo de ejecución, materiales colocados y tareas ejecutadas para determinar la productividad y rendimientos para la actividad de excavación de zanja
	Cuadrilla 2-A	Datos de tiempos de ejecución, materiales colocados y tareas ejecutadas para determinar la productividad, rendimientos y así cantidad de desperdicios para armado de acero.
	Cuadrilla 3-A	Datos de tiempos de ejecución, materiales colocados y tareas ejecutadas para determinar la productividad, rendimientos y así cantidad de desperdicios para colocación de acero.
	Cuadrilla 4-A	Datos de tiempos de ejecución, cantidad de material colocado y tareas ejecutadas para determinar la productividad, rendimientos y así cantidad de desperdicios para colada de losa de cimentación.
	Cuadrilla 5-A	Datos de tiempo de ejecución, materiales colocados y tareas ejecutadas para determinar la productividad y rendimientos para la actividad de colocación de codales.
	Cuadrilla 6-A	Datos de tiempos de ejecución, cantidad de material colocado y tareas ejecutadas para determinar la productividad, rendimientos y así cantidad de desperdicios para pega de bloques.
	Cuadrilla 7-A	Datos de tiempos de ejecución, cantidad de material colocado y tareas ejecutadas para determinar la productividad, rendimientos y así cantidad de desperdicios para colocación de viguetas.
	Cuadrilla 8-A	Datos de tiempos de ejecución, cantidad de material colocado y tareas ejecutadas para determinar la productividad, rendimientos y así cantidad de desperdicios para repellos.
	Cuadrilla 9-A	Datos de tiempo de ejecución, materiales colocados y tareas ejecutadas para determinar la productividad y rendimientos para encofrado.
	Cuadrilla 10-A	Datos de tiempo de ejecución, materiales colocados y tareas ejecutadas para determinar la productividad y rendimientos para desencofrado.
	Encargado de ventas Armabloque	El ingeniero encargado de ventas en la empresa Armabloque suministro información del proceso constructivo de una vivienda unifamiliar utilizando el sistema de mampostería Armabloque, además de una ficha técnica y el Manual de Construcción del sistema.
Mampostería tradicional	Cuadrilla 1-B	Datos de tiempo de ejecución, materiales colocados y tareas ejecutadas para determinar la productividad y rendimientos para la actividad de excavación de zanja
	Cuadrilla 2-B	Datos de tiempos de ejecución, cantidad de material colocado y tareas ejecutadas para determinar la productividad y rendimientos para armado de acero.
	Cuadrilla 3-B	Datos de tiempos de ejecución, cantidad de material colocado y tareas ejecutadas para determinar la productividad, rendimientos y así cantidad de desperdicios para colada de losa de cimentación.
	Cuadrilla 4-B	Datos de tiempos de ejecución, cantidad de material colocado y tareas ejecutadas para determinar la productividad y rendimientos para colocación de acero.
	Cuadrilla 5-B	Datos de tiempos de ejecución, cantidad de material colocado y tareas ejecutadas para determinar la productividad, rendimientos y así cantidad de desperdicios para colocación de codales, pega de bloques, encofrado, colada con concreto hecho en sitio y repellos.
	Cuadrilla 6-B	Datos de tiempo de ejecución, materiales colocados y tareas ejecutadas para determinar la productividad y rendimientos para desencofrado.

Fuentes de información

Para el desarrollo de este proyecto fue necesario realizar una revisión de la literatura, ya que esto permite detectar, consultar y obtener bibliografía y otros materiales para extraer y recopilar la información más relevante que se relaciona con los objetivos de este proyecto (Hernández Sampieri et al., 2014).

Las fuentes de información se dividen en primarias, secundarias y terciarias. La fuentes primarias son las que proporcionan datos de primera mano, pues son documentos que incluyen los resultados de los estudios correspondientes, algunos ejemplos son: libros, tesis, antologías, entre otros (Hernández Sampieri et al., 2014).

Estas fuentes primarias son las utilizadas por el investigador para elaborar el marco teórico u otros propósitos y son las que se incluyen al final del reporte en orden alfabético (Hernández Sampieri et al., 2014).

Las secundarias son las que ya han procesado información a partir de una fuente primaria, este proceso se pudo dar por una interpretación, análisis o extracción y reorganización de la información de la fuente primaria (Maranto Rivera & González Fernández, 2015).

Por último las fuentes terciarias son las que recopilan información de las primerias y secundarias, son utilizadas para buscar datos o para obtener un idea general de un tema, algunos ejemplos son bibliografías, directorios, entre otros (Maranto Rivera & González Fernández, 2015).

A continuación, se citan algunas de las fuentes de información primarias utilizadas en este proyecto:

- Libros
    - Metodología de la investigación
    - Código sísmico de Costa Rica
    - Administración de operadores de construcción
    - Manual de Construcción con Bloques de Concreto
- Tesis
    - Análisis de rendimientos y productividad de mano de obra para la empresa La Puerta del Sol Equipo Constructor S.A
    - Análisis comparativo de residuos de construcción generados en un mismo modelo de vivienda con sistema tradicional vs diseño modular.
    - Análisis de productividad en procesos de armadura en el proyecto The IVY de la empresa Edica Ltda.
- Publicaciones
    - Salarios Mínimos para el Sector Privado año 2020
    - Cálculo del tamaño de la muestra “n”
    - Efecto de la variación agua/cemento en el concreto
    - Alcance N°198 a La Gaceta N°187.
- Otros
    - Planos Escazú Urbano*
    - Plano sistema mampostería tradicional*

*no se encuentra en la sección de “Referencias”, sino en la sección de “Anexos”

Para conocer la totalidad de las fuentes primarias consultadas ver la sección de “Referencias” al final de este documento.

Las fuentes de información secundarias corresponden a:

- Presupuesto sistema de mampostería modular Armabloque**
- Presupuesto sistema de mampostería tradicional**
- Diagramas de Ishikawa para ambos sistemas de mampostería
- Sección de “Marco teórico” ya que corresponde a una reorganización de información proveniente de las fuentes primarias

**se origino a partir del análisis de los planos respectivos.

Técnicas e instrumentos utilizados

Este apartado se planteó en 2 etapas para su desarrollo.

Visitas a campo y recolección de datos

Debido a que al momento de realizar este proyecto y realizar las visitas a campo se

atravesada la pandemia de COVID-19 y debían seguirse medidas sanitarias como el distanciamiento social, lavado de manos, uso de cubrebocas, entre otros, la metodología de recolección de datos se describe a continuación.

Para realizar recolección de datos de los sistemas de mampostería se realizaron visitas a 2 construcciones distintas, la primera ubicada en San Antonio de Escazú y fue desarrollada en el sistema de mampostería modular por Armabloque Sistemas de Construcción en el condominio Escazú Urbano.

La segunda construcción se ubica en Tejar del Guarco en Cartago y fue desarrollada con el sistema de mampostería tradicional utilizado por Grupo Pirie.

Durante las visitas para mantener las medidas sanitarias, se realizó la toma de videos para las distintas etapas del proceso constructivo de ambos proyectos evaluados, estos videos fueron analizados posteriormente (ver subsección de “Análisis de datos” de la sección “Metodología”).

Para las distintas etapas del proceso constructivo se auditaron áreas o volúmenes de trabajo definidos por el momento en que se realizó las tomas de los videos.

Para estas áreas auditadas se recolectó información de los desperdicios generados con ambos sistemas de mampostería evaluado, algunos procedimientos corresponden a los mismos utilizados por Martínez (2012) en su proyecto de graduación “Análisis comparativo de residuos de construcción generados en un mismo modelo de vivienda con sistema tradicional vs. diseño modular”.

Los métodos de muestreo de desperdicios se describen a continuación:

Desperdicios de acero

Para los desperdicios de acero se midió la longitud la longitud de los trozos de varillas desperdiciados cuando se tomaron videos de armado de acero o colocación de acero. Ejemplo:

Tabla 3. Ejemplo de medición de desperdicios de acero

Calibre de varilla (mm)	Metros de desperdicio
7,2	1,86
5,5	4,46

Coladas de concreto

En ambos sistemas de mampostería se utilizó concreto premezclado, el finalizar la actividad la cuadrilla colocó el concreto sobrante en un cajón de madera del cuál se conocía su volumen y de esta manera se cuantificó el desperdicio.
Para las coladas con concreto hecho en sitio se estableció el número total de batidas de concreto necesarias para colar el elemento evaluado, con esto se conoció cuanto volumen de concreto por batida se obtiene y se comparó con la cantidad de concreto calculada para determinar cuánto se desperdicia. Ejemplo:

.

Tabla 4. Ejemplo de medición de desperdicios de concreto

Elemento	Cantidad calculada (m^3)	Batidas	Concreto utilizado (m^3)	Residuo (m^3)
Columnas	16,56	24	16,51	0,05

Pega de bloques

Para la medición de los desperdicios de bloques de concreto, los residuos se midieron con respecto a la longitud total de un bloque, de acuerdo con el sistema de mampostería que corresponda modular o tradicional.

Esto se realizó para el área auditada el momento de tomar los videos.

Mortero de pega y de repello

En ambos sistemas de mampostería su utilizaba mortero de pega bloques distinto, ya que en el sistema de mampostería modular se utilizaba

“Pega Block” de la marca comercial Puma, mientras que en el sistema de mampostería tradicional se utilizaba mortero de pega hecho en sitio.

Para calcular el desperdicio de mortero de pega en el sistema modular, se realizó un muestreo por saco durante la toma de video de la actividad de bloques y se cuantificó cuántos bloques se pegan por saco para comparar con el rendimiento que sugiere el fabricante.

Para el sistema de mampostería modular, no se contaba con este rendimiento, por lo que se definió un área para auditar, de la cuál se recolecto el mortero de pega desperdiciado y se colocó en un recipiente del cuál previamente se conocía su volumen para así determinar el desperdicio.

Ambos sistemas de mampostería utilizaron mortero de repello ya preparado, Armabloque por su parte utilizó mortero de repello de la marca comercial “Puma”, mientras que Grupo Pirie de la marca “Imperplaster”, por lo que ambos sistemas de mampostería se cuantificó los sacos de producto utilizados en un área previamente medida y se comparó la cantidad calculada requerida para esa área.

Análisis de datos

Productividad y rendimientos

Una vez que se realizó la toma de videos, estos fueron analizados mediante las técnicas para determinar la productividad como lo son “Five minutes rating” y “Crew Balance”, para ello se crearon tablas de Excel en las que anotaban características como:

- Actividad evaluada
- Fecha
- Hora de inicio y final
- Clima
- Cantidad de trabajadores
- Frecuencia de observaciones

Para todas y cada una de las actividades evaluadas se realizó como mínimo 385 observaciones de la cuadrilla, esto con el fin de tener una confiabilidad en este estudio del 95%, este porcentaje de confiabilidad es lo habitualmente utilizado (Fuentelsaz Gallego, 2012). Debido a que no se tienen datos previos de trabajos de las cuadrillas analizadas bajo esas condiciones de trabajo fue que se decidió que 385 observaciones sería el tamaño muestral mínimo para las actividades analizadas.

Ya que se conocía el volumen de trabajo realizado, el tiempo invertido y la cantidad de trabajadores involucrado en cada actividad se realizó el cálculo de los rendimientos mediante la ecuación que Brenes Serrano (2014) utiliza en su proyecto de graduación “Análisis de rendimientos y productividad de mano de obra para la empresa La Puerta del Sol Equipo Constructor S.A”

$$Rendimiento = \frac{T * N}{V}$$

Donde:

- T: duración de la actividad (horas).
- N: número de trabajadores
- V: volumen de trabajo realizado

A continuación se muestra un ejemplo de cálculo de rendimiento para la actividad de pega bloques.

$$Rendimiento = \frac{0{,}83\ horas * 2\ hombres}{2{,}19\ m^2}$$

$$Rendimiento = 0{,}761\ horas - hombre/m^2$$

Dado a que para los desperdicios se conocía la cantidad de material auditado y su respectivo desperdicio, se calculó el rendimiento de los materiales utilizados dividiendo la cantidad de material desperdiciado entre la cantidad de material colocado, estos rendimientos de los materiales calculados se utilizaron para calcular la cantidad total de desperdicios para cada uno de los sistemas de mampostería utilizados.

Programación de la obra

Una vez obtenidos losa datos de rendimientos, se calculó la cantidad de materiales a colocar para ambas viviendas con su respectivo sistema de mampostería utilizados, la cuantificación de estos materiales se realizó con los planos taller entregados por Armabloque Sistemas de Construcción para el sistema de mampostería modular y Grupo Pirie para el sistema de mampostería tradicional.

Cuando ya se tenían cubicados los materiales, se realizó a partir de los rendimientos obtenidos, el cálculo del tiempo necesario para

realizar cada una las actividades del proceso constructivo de las viviendas, a continuación, se muestra un ejemplo tomando el rendimiento de pega bloques mostrado anteriormente.

$$Tiempo\ requerido = 0{,}761 \frac{hh}{m^2} * \frac{V}{N}$$

$$Tiempo\ requerido = 0{,}761 \frac{hh}{m^2} * \frac{105{,}84\ m^2}{6\ hombres}$$

$$Tiempo\ requerido\ = 13{,}42\ horas$$

Mediante MsProject®, se programaron calendarios con sus jornadas de trabajo respectivas para ambos proyectos (modular y tradicional) y se introdujeron todas las actividades del proceso constructivo de las viviendas, así como la cantidad de horas requeridas y dependencias para obtener la ruta crítica del proyecto y un estimado de tiempo finalización de las viviendas con su respectivo sistema de mampostería utilizado

Su objetivo es explicar ampliamente cómo se actuó.

Deberán mencionarse sucintamente los procedimientos aplicados. Deberá indicarse el lugar donde se realizó el proyecto o investigación y la época, si ésta tuviera importancia.

La descripción de los materiales y los métodos empleados debe ser lo suficientemente completa, como para permitir a un profesional o investigador competente reproducir el trabajo. La organización en esta sección es simple y cronológica. Debe indicarse la finalidad de cada actividad o paso llevado a cabo, los cuales están determinados por los objetivos del trabajo realizado.

Costos

Al tenerse calculados los materiales requeridos para llevar a cabo las viviendas con cada uno de los sistemas de mampostería, se realizó una base de datos con los precios de los diferentes materiales utilizados en ambos proyectos.

Estos precios provienen de distintas ferreterías y depósitos de materiales del país y que además son proveedores para muchos proyectos de construcción a nivel nacional. Algunos de estos proveedores son:

- AMCO
- Construplaza
- Pedregal
- El Pochote
- Productos de Concreto
- MERCASA
- Armabloque Sistemas de Construcción
- REECO

Dado a que para los desperdicios se conocía la cantidad de material auditado y su respectivo desperdicio, se calculó el rendimiento de los materiales utilizados dividiendo la cantidad de material desperdiciado entre la cantidad de material colocado, estos rendimientos de los materiales calculados se utilizaron para calcular la cantidad total de desperdicios para cada uno de los sistemas de mampostería utilizados.

Se muestra a continuación un ejemplo del cálculo total de desperdicio de bloques de concreto para el sistema de mampostería tradicional según los rendimientos de materiales obtenidos en este proyecto.

$$Rendimiento\ material = 0{,}049 \frac{unid}{unid\ colocada}$$

$$Bloques\ a\ colocar = 1676\ unidades$$

$$Desperdicio = 1676\ unid\ de\ block * \frac{0{,}049\ unid}{unid\ colocada}$$

$$Desperdicio = 82\ unidades\ de\ block$$

Conociéndose las cantidades de materiales colocados, de desperdicios y sus respectivos precios, fue posible calcular el costo en materiales y desperdicios para llevar a cabo las viviendas utilizando el sistema de mampostería modular y tradicional.

Para determinar el costo de mano de obra para ambos sistemas de mampostería se consulto la lista de salario mínimos para el sector privado del (Ministerio de Trabajo, 2019).

Sabiendo a partir de la programación realizada el tiempo y la cantidad de trabajadores involucrados en la construcción de las viviendas se calculó el costo total de mano de obra para los proyectos desarrollados con el sistema de mampostería modular y tradicional.

Problemas de calidad detectados

Los problemas de calidad detectados en ambos sistemas de mampostería se realizó tomando

como base las recomendaciones que se indican en el Manual de Construcción con bloques de concreto del Instituto Costarricense del Cemento y el Concreto (2007).

Algunos de los problemas que se detallan en la sección de resultados, fueron detectados gracias a la colaboración de los ingenieros auditores de sus respectivos proyectos.

Una vez que se habían detectado estos problemas de calidad, se implemento la técnica de “los 5 porqués”, la cual consiste en realizar la pregunta “porqué” 5 veces al problema detectado, esto con el fin de llegar a las causas del problema.

Detectadas las causas del problema, se muestra mediante los diagramas de Ishikawa las causas de los problemas de calidad para cada sistema de mampostería analizados en este proyecto y se agruparon en alguna de las ramas principales de la “técnica de las 6M” para representar el diagrama de Ishikawa.

Resultados

Como parte del desarrollo del objetivo específico 1 de este proyecto “Realizar el cálculo de rendimientos para el desarrollo de la programación del modelo taller de la vivienda del sistema de mampostería Armabloque y del sistema de mampostería tradicional”, se presentan los resultados de productividad y rendimientos para las diferentes actividades evaluadas en la empresa **Armabloque Sistemas de Construcción.**

Metodología Five Minutes Rating y Crew Balance

En esta sección para facilidad de lectura y referencias que haya en el análisis de datos a las figuras y tablas acá mostradas, se va a presentar los resultados de la metodología Five Minutes Rating y Crew Balance juntos.

Esta decisión se toma debido a que para su posterior análisis estas metodologías se complementan.

Excavación de zanja para losa de cimentación

En la tabla 5 se muestra la cantidad de observaciones de trabajo productivo (TP), trabajo no productivo (TNP) y trabajo contributivo (TC) que se realizó para cada uno de los trabajadores de la cuadrilla.

Tabla 5. Observaciones por trabajador para excavación de zanja

Resumen	Trabajador 1	Trabajador 2	Trabajador 3	Trabajador 4	Trabajador 5	Trabajador 6	Trabajador 7
TP	32	4	9	29	6	1	26
TC	4	15	1	0	21	30	1
TNP	24	41	50	31	33	29	33
Total	60	60	60	60	60	60	60

Para esta cuadrilla se realizaron en total una cantidad de 420 observaciones durante de 1 hora con 15 minutos de evaluación. En la figura 12 se puede observar el comportamiento en términos de porcentaje que la cuadrilla dedicó a cada uno de los 3 trabajos.

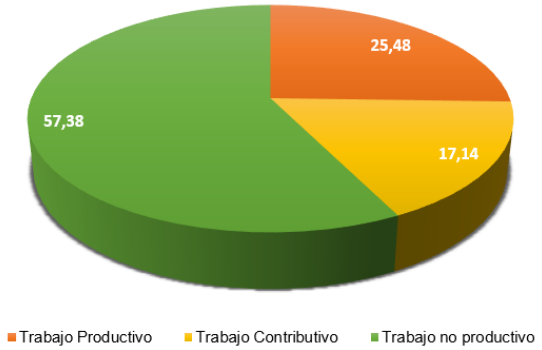


Figura 12. Porcentaje de tiempo de la cuadrilla dedicado a TP, TC y TNP

Se muestra en la figura 13 mediante la metodología Crew Blance, las tareas específicas que realiza cada trabajador durante la actividad de la excavación de zanja y el tiempo en términos de porcentaje que dedicó a dichas actividades.

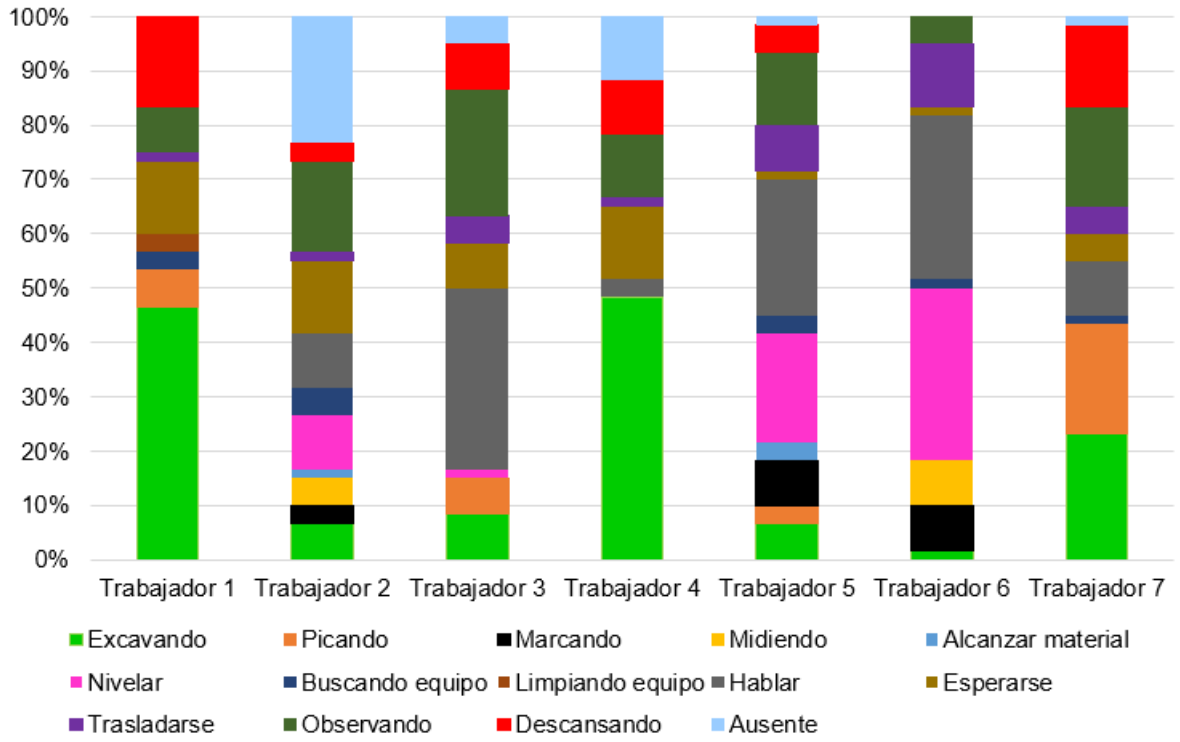


Figura 13. Metodología Crew Balance para excavación de zanja de losa

Armado de acero

Esta actividad consiste en armar o unir las diferentes armaduras que se requieren para la obra, como el sistema Armabloque lleva a sitio el acero pre armado, en campo solo es necesario cortar y unir las piezas que se requieran.

Se muestra a continuación la cantidad de observaciones de TP, TC y TNP para cada uno de los trabajadores de la cuadrilla al momento de realizar las observaciones.

Tabla 6. Observaciones por trabajador para armado de acero

Resumen	Trabajador 1	Trabajador 2	Trabajador 3
TP	56	100	7
TC	12	24	0
TNP	103	69	15
Total	171	193	22

Para esta cuadrilla se realizaron un total de 386 observaciones durante 1 hora con 20minutos de evaluación. En la figura 14 se observa la cantidad de tiempo en términos de porcentaje para los trabajos realizados por la cuadrilla.

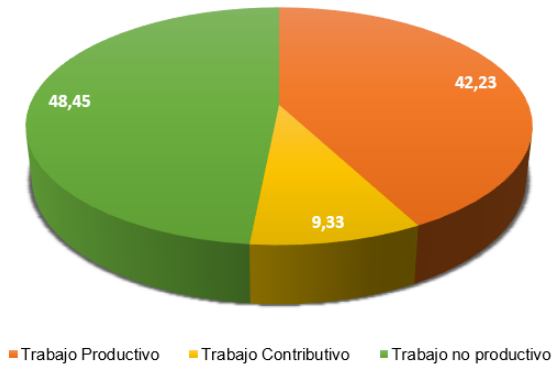


Figura 14. Porcentaje de tiempo de la cuadrilla dedicado a TP, TC y TNP

La figura 15 muestra las actividades que realizaron los trabajadores durante el armado del acero y el tiempo dedicado a dichas actividades.

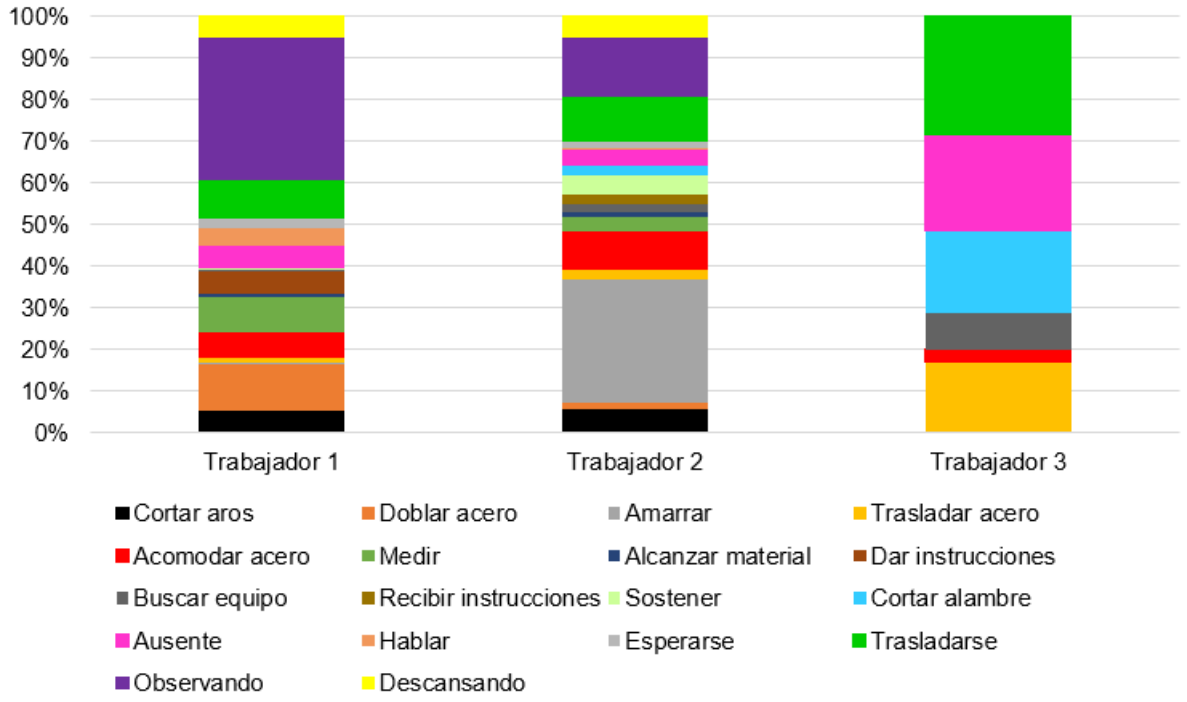


Figura 15. Metodología Crew Balance para el armado de acero.

Colocación de acero

Esta actividad consiste en la colocación del acero ya armado o pre armado que se encuentra listo en sitio. En la tabla 7 se muestra la cantidad de observaciones realizadas para cada uno de los trabajadores que participaron en la actividad.

Tabla 7. Observaciones por trabajador para colocación de acero

Resumen	Trabajador 1	Trabajador 2
TP	140	152
TC	47	22
TNP	30	43
Total	217	217

Esta cuadrilla se evaluó durante 54 minutos y 15 segundos y durante este tiempo se realizaron observaciones cada 15 segundos para un total de 434 observaciones. El porcentaje de la productividad de esta cuadrilla se muestra en la figura 16.

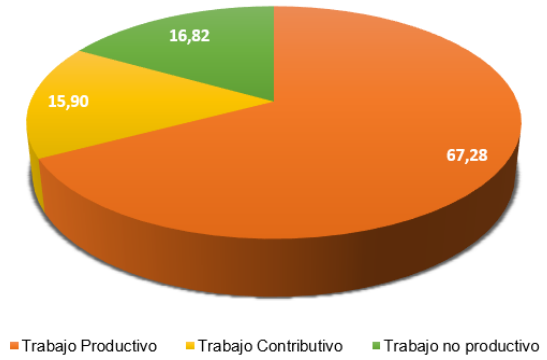


Figura 16. Porcentaje de tiempo de la cuadrilla dedicado a TP, TC y TNP a la colocación de acero

La figura 17 muestrala metodología Crew Balance para la actividad de colocación del acero.

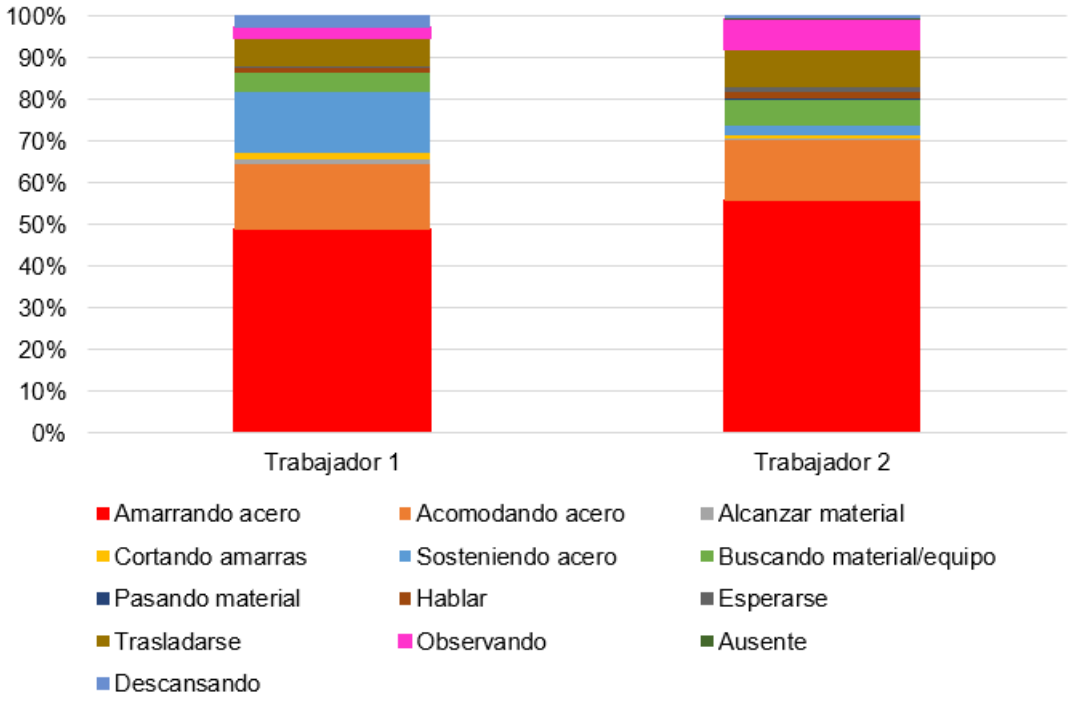


Figura 17. Metodología Crew Balance para colocación de acero.

Colada de losa de cimentación

Los resultados que aquí se muestran corresponden a la actividad de colada cuando la cuadrilla realizó descarga directa y cuando se utilizó bomba telescópica, esto con el fin de mostrar la diferencia de productividad entre las 2 formas de realizar la colada, el ¿por qué? se debe utilizar bomba telescópica será discutido en la sección de análisis de resultados.

Se muestra en la tabla 8 la cantidad de observaciones para la colada de losa de cimentación mediante descarga directa y en la tabla 9 la cantidad de observaciones por trabajador realizando la colada con bomba telescópica.

Tabla 8.Observaciones por trabajador para colada de losa mediante descarga directa

Resumen	Trabajador 1	Trabajador 2	Trabajador 3	Trabajador 4	Trabajador 5	Trabajador 6	Trabajador 7
TP	25	24	18	18	15	18	21
TC	0	0	0	1	0	0	0
TNP	30	31	37	36	40	37	34
Total	55	55	55	55	55	55	55

Tabla 9. Observaciones por trabajador para colada usando bomba telescópica

Resumen	Trabajador 1	Trabajador 2	Trabajador 3	Trabajador 4	Trabajador 5	Trabajador 6	Trabajador 7	Trabajador 8
TP	31	26	15	35	80	46	0	45
TC	1	4	1	2	14	10	15	2
TNP	75	78	6	71	14	52	7	61
Total	108	108	22	108	108	108	22	108

La colada mediante descarga directa se evaluó durante 45 minutos con 50 segundos obteniéndose 385 observaciones, mientras que usando bomba telescópica se evaluó 54 minutos de la que se obtuvieron 692 observaciones, la siguiente tabla muestra la duración para la colada completa de la losa.

Tabla 10. Duración de colada de losa de fundación.

Colada	Duración
Descarga directa	3 horas 15 minutos
Con bomba telescópica	54 minutos

Las figuras 18 y 19 muestran la productividad para la colada mediante descarga directa y con bomba telescópica respectivamente.

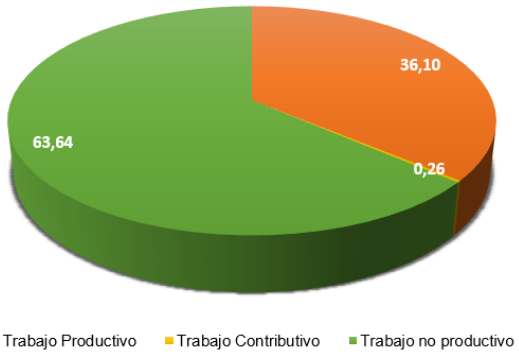


Figura 18. Porcentaje de tiempo de la cuadrilla dedicado a TP, TC y TNP para la colada mediante descarga directa.

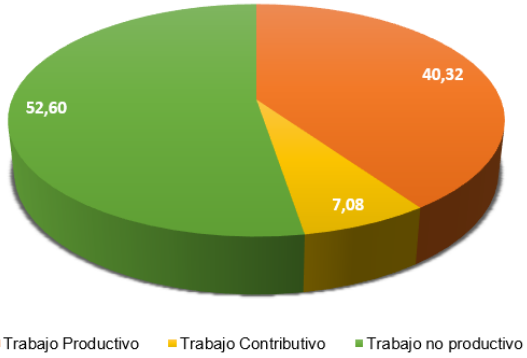


Figura 19. Porcentaje de tiempo de la cuadrilla dedicado a TP, TC y TNP para la colada usando bomba telescópica.

Las figuras 20 y 21 muestra la metodología Crew Balance donde se aprecia el tiempo dedicado a las actividades que realizó cada trabajador durante la colada mediante descarga directa y con bomba telescópica respectivamente.

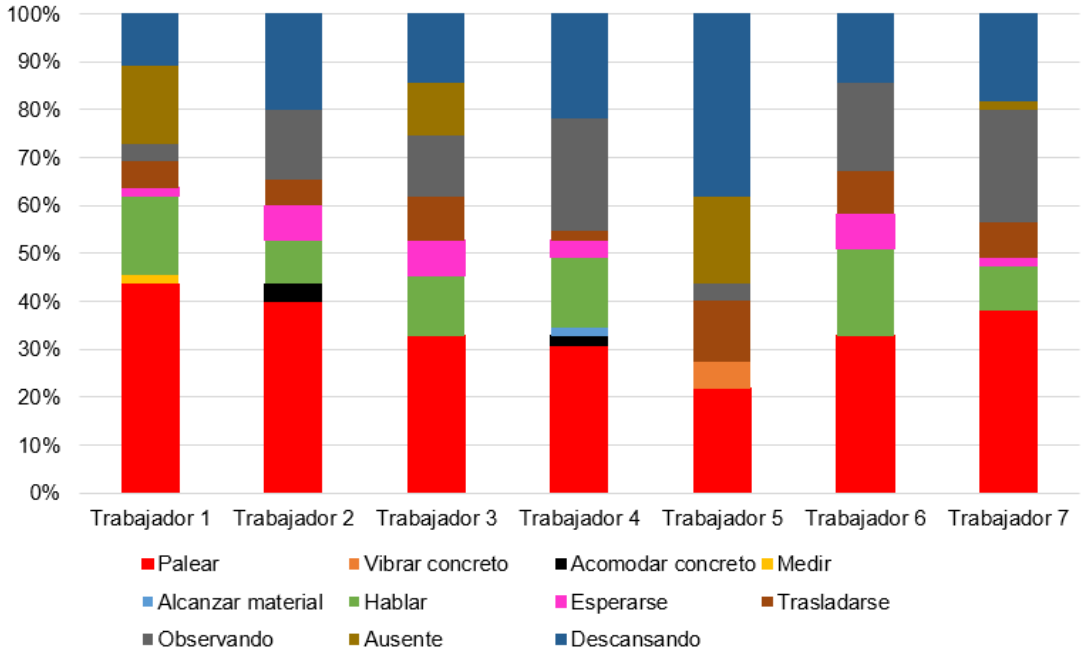


Figura 20. Metodología Crew Balance para colada de losa mediante descarga directa.

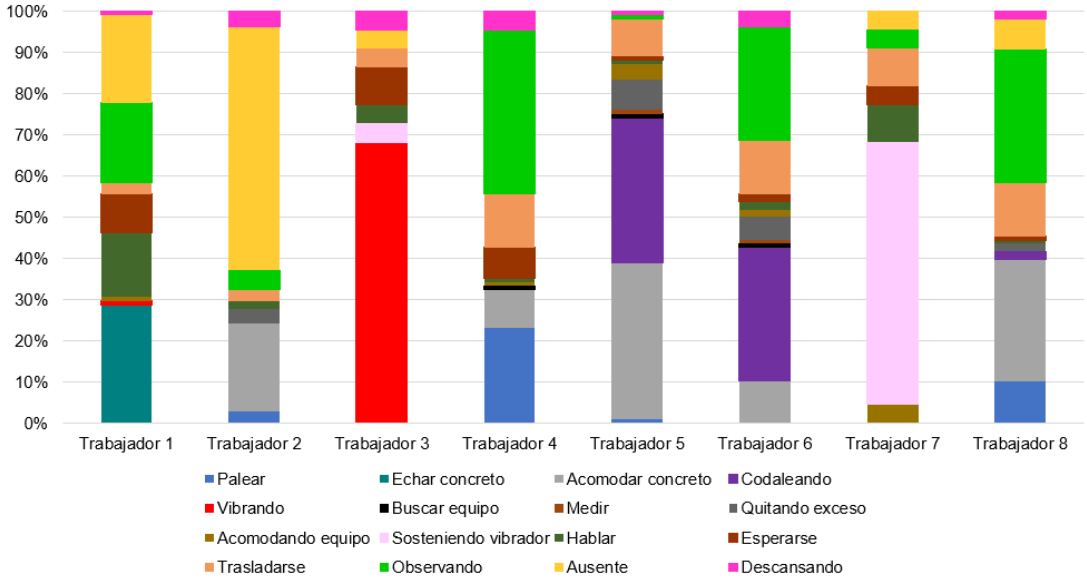


Figura 21. Metodología Crew Balance para colada de losa usando bomba telescópica.

Colocación de codales

Esta actividad no está incluida dentro de las actividades especificadas dentro del Manual de Construcción con Bloques de Concreto del ICCYC, pero decidió evaluarse ya que según lo observado en campo es una actividad representativa del proceso e importante para la actividad posterior. Se muestra en la tabla 11 las observaciones de TP, TC y TNP.

Tabla 11. Observaciones por trabajador para la colocación de codales

Resumen	Trabajador 1	Trabajador 2	Trabajador 3	Trabajador 4	Trabajador 5	Trabajador 6
TP	42	4	24	30	34	15
TC	10	47	39	22	6	32
TNP	56	57	45	56	68	61
Total	108	108	108	108	108	108

La actividad de evaluó durante 45 minutos, obteniéndose 646 observaciones y el porcentaje de tiempo que la cuadrilla dedica a TP, TC y TNP se muestra en la figura 22.

Se muestra mediante la metodología Crew Balance en la figura 23 el tiempo (en porcentaje) y las actividades que realizaron los trabajadores para la colocación de codales.

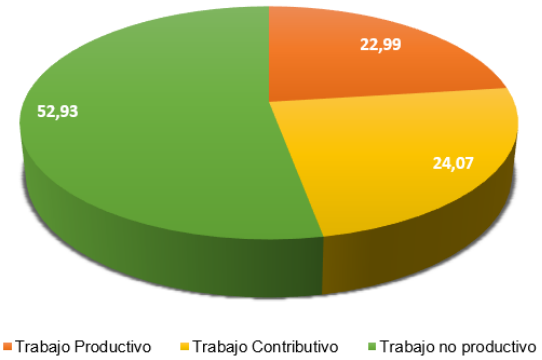


Figura 22. Porcentaje de productividad para la colocación de codales.

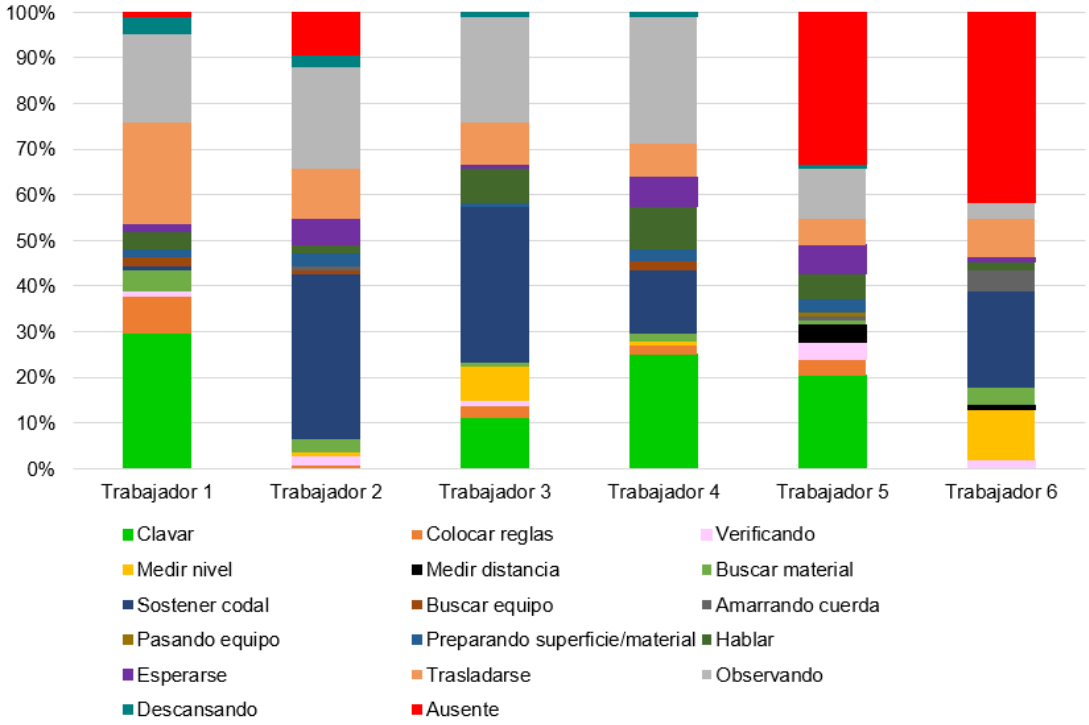


Figura 23. Metodología Crew Balance para la colocación de codales.

Pega de bloques

Esta corresponde a una de las actividades más importantes del sistema constructivo, ya que según Armabloque este tiempo se reduce en un 30% en comparación al sistema tradicional. Para esta actividad se obtuvieron 600 observaciones para la cuadrilla, el detalle de TP, TC y TNP para cada trabajador se muestra en la tabla 12.

Tabla 12. Observaciones por trabajador para pega de bloques.

Resumen	Trabajador		
	1	2	Ayudante
TP	87	106	15
TC	40	37	36
TNP	73	57	149
Total	200	200	200

Se muestra también el porcentaje productividad para TP, TC y TNP de la cuadrilla con ayudante en la figura 24 y sin ayudante en la figura 25. Esta decisión se discutirá en la sección de análisis resultados.

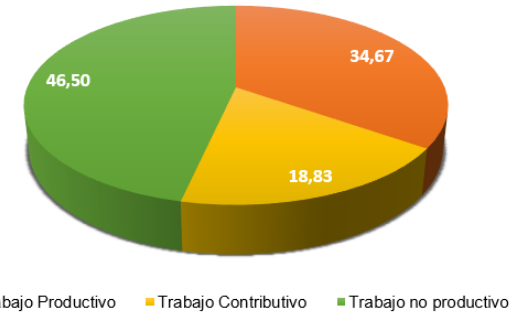


Figura 24. Porcentaje de productividad de la cuadrilla con ayudante.

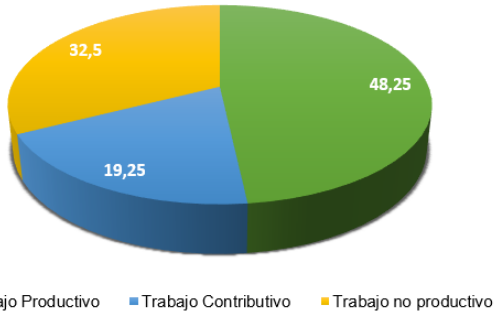


Figura 25. Porcentaje de productividad de la cuadrilla sin ayudante.

Es importante indicar que al referirse “sin ayudante” es que para la obtención de la productividad de la cuadrilla se excluye dentro del análisis al ayudante, a pesar de que él estuvo ahí. Esto se detallará más en la sección de análisis de resultados.

La figura 26 muestra mediante la metodología Crew Balance cada una de las actividades realizadas por los trabajadores durante la actividad de pega de bloques.

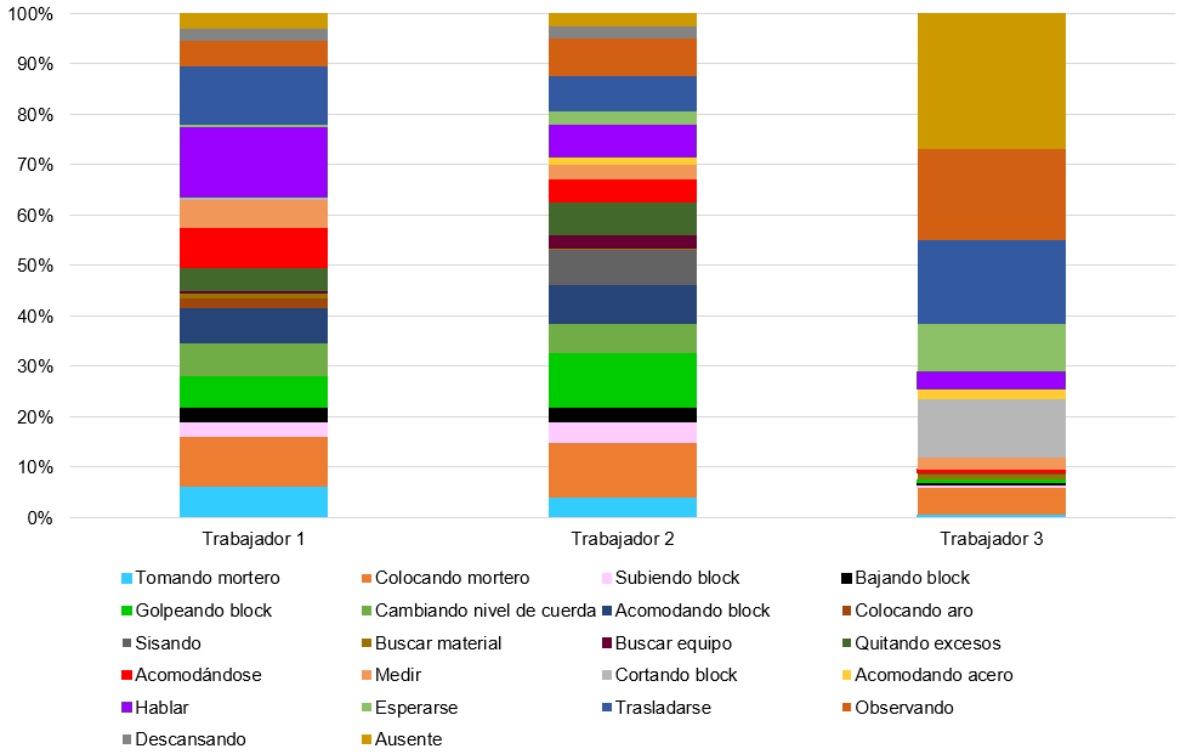


Figura 26. Metodología Crew Balance para la actividad de pega de bloques.

Colocación de viguetas

En la tabla 13 se muestra la cantidad de observaciones que cada trabajador realizado para realizar TP, TNP y TC.

Tabla 13. Observaciones para cada trabajador durante la colocación de viguetas de entrepiso

Resumen	Trabajador	
	1	2
TP	65	49
TC	30	35
TNP	109	120
Total	204	204

Esta actividad se evaluó durante 51 minutos en la que se obtuvieron un total de 408 observaciones para la cuadrilla. En la figura 27 se muestra la productividad de la cuadrilla y el porcentaje de tiempo que dedican a TP, TC y TNP.

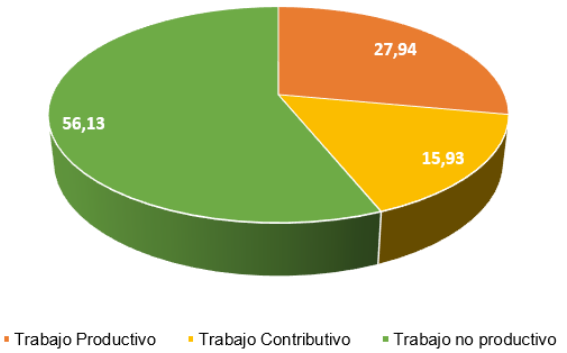


Figura 27. Porcentaje de productividad de la cuadrilla para colocación de viguetas de entrepiso.

En la figura 28 se muestra mediante la metodología Crew Balance cada una de las actividades realizadas por los trabajadores de la cuadrilla durante la ejecución de esta actividad.

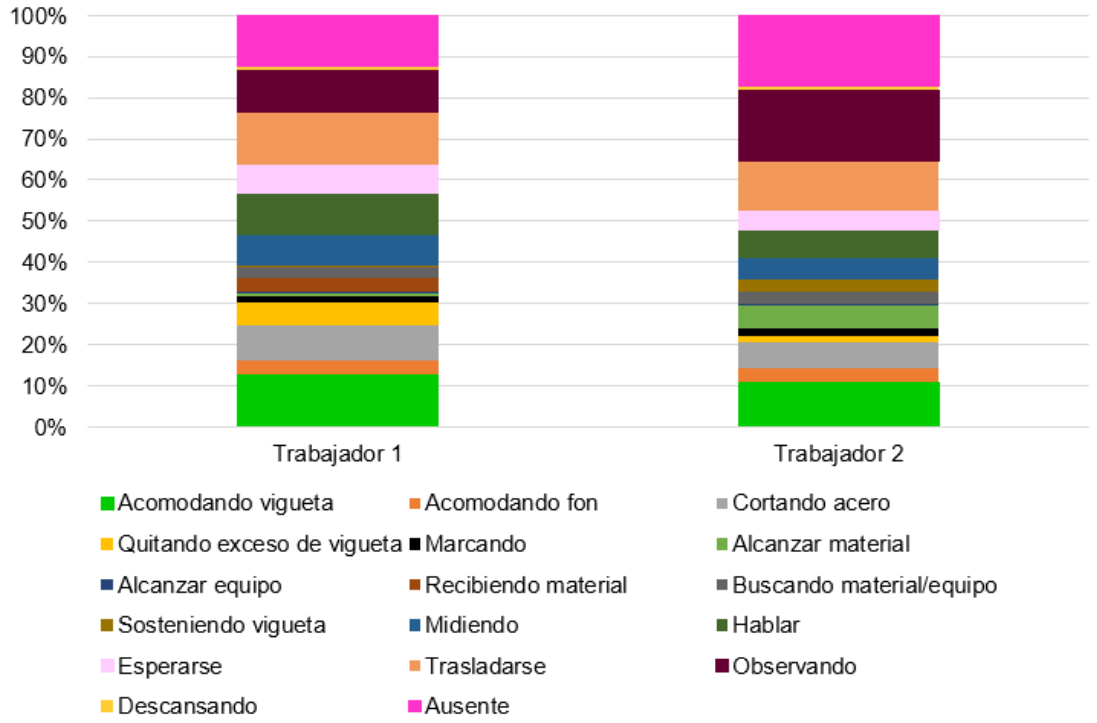


Figura 28. Metodología Crew Balance para la actividad de colocación de viguetas de entrepiso.

Repellos

La tabla 14 muestra la cantidad de observaciones de TP, TNP y TC realizadas para los trabajadores involucrados en esta actividad.

Tabla 14. Observaciones por trabajador durante la actividad de repellos

Resumen	Trabajador		
	1	2	3
TP	141	137	36
TC	19	4	1
TNP	36	55	5
Total	196	196	42

Durante esta actividad se obtuvieron 434 observaciones durante 49 minutos de evaluación, en la figura 29 se muestra la productividad de la cuadrilla y en la figura 30 el tiempo (en porcentaje) dedicado a las actividades realizadas por cada uno de los trabajadores durante esta actividad.

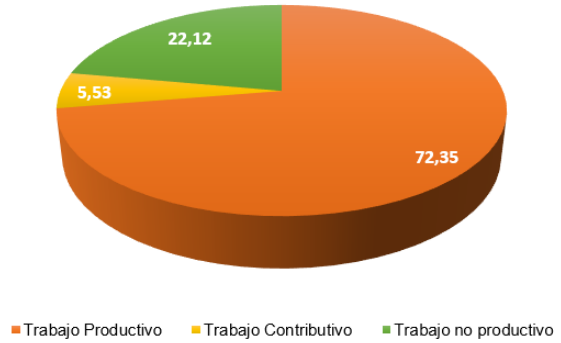


Figura 29. Porcentaje de productividad de la cuadrilla para la actividad de repellos.

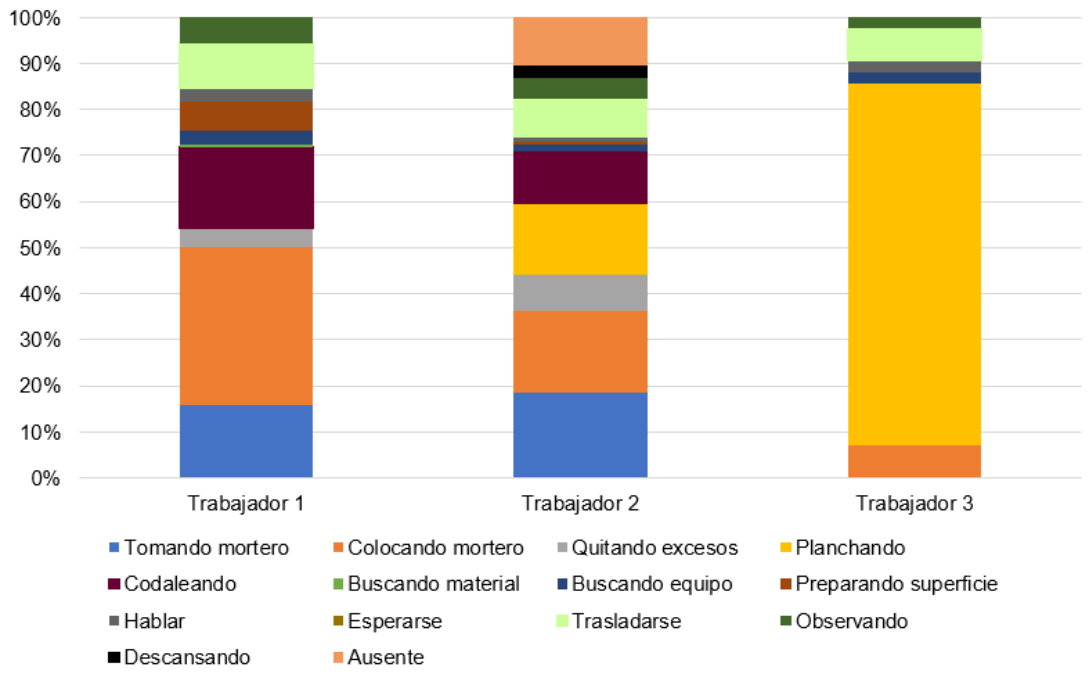


Figura 30. Metodología Crew Balance para la actividad de repellos.

Encofrado

Las observaciones de TP, TC y TNP para cada uno de los trabajadores de la cuadrilla se muestran en la tabla 15.

Tabla 15. Observaciones por trabajador durante repellos.

Resumen	Trabajador	
	1	2
TP	107	7
TC	50	127
TNP	83	106
Total	240	240

Esta cuadrilla se evaluó durante una hora de la que se obtuvieron 480 observaciones en total, los resultados de productividad se muestran en la figura 31 y en la figura 32 la metodología Crew Balance de esta actividad.

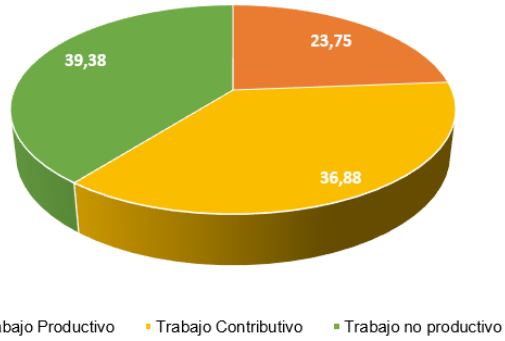


Figura 31. Productividad de la cuadrilla durante la actividad de encofrado.

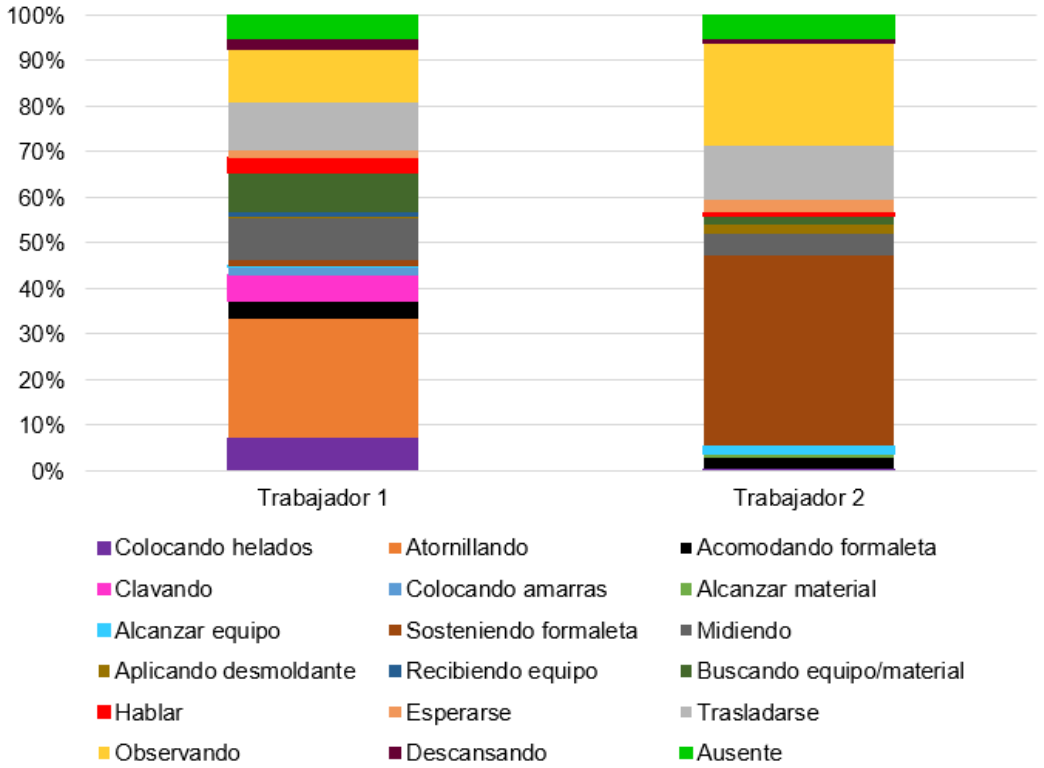


Figura 32. Metodología Crew Balance para la actividad de encofrado.

Desencofrado

La tabla 16 muestra las observaciones de TP, TC y TNP realizadas por cada trabajador.

Tabla 16. Observaciones por trabajador para la actividad de desencofrado

Resumen	Trabajador	
	1	2
TP	99	59
TC	11	50
TNP	86	87
Total	196	196

La cuadrilla fue evaluada durante 49 minutos en donde se obtuvieron 392 observaciones, la productividad de esta cuadrilla se observa en la figura 33 y las actividades que los trabajadores realizaron durante este tiempo se muestran en la figura 34.

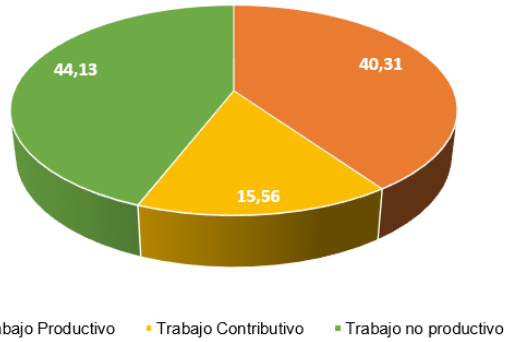


Figura 33. Productividad de la cuadrilla para la actividad de desencofrado.

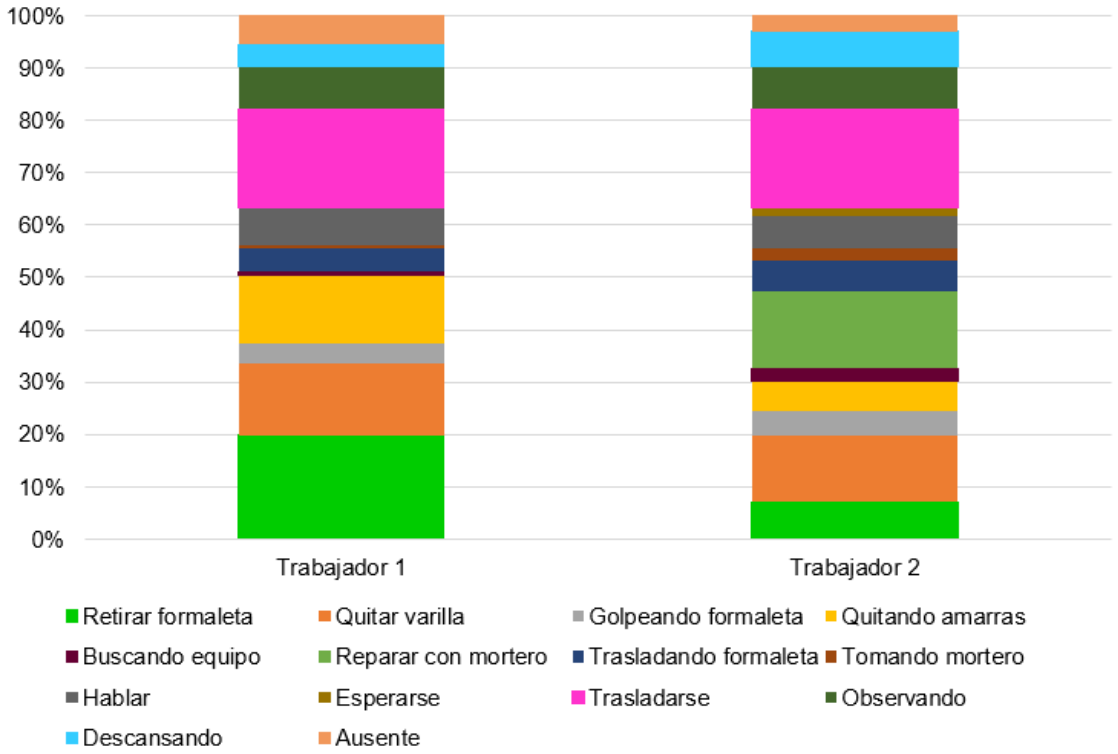


Figura 34.Metodología Crew Balance para la actividad de desencofrado.

Rendimientos Sistema modular Armabloque

La tabla 17 muestra los rendimientos de las actividades evaluadas para el sistema constructivo de mampostería modular de la empresa Armabloque en el proyecto Escazú Urbano.

Los rendimientos fueron calculados tal y como se explica en la sección de metodología.

Tabla 17. Rendimientos de mano de obra para el sistema constructivo de mampostería modular

Actividad	Tiempo evaluado (horas)	Material auditado	Rendimiento
Excavación de losa de fundación	0,75	0,828 m^3	6,341 hh/m^3
Confección de acero (losa)	1,34	185,382 kg	0,014 hh/kg
Colocación de acero (muros)	0,90	36,400 kg	0,050 hh/kg
Colocación de acero Gr.70	0,91	20,388 kg	0,090 hh/kg
Colada descarga directa	3,25	10,567 m^3	2,153 hh/m^3
Colada con bomba telescópica	0,90	10,567 m^3	0,511 hh/m^3
Colocación de codales	0,75	14,000 unid	0,321 hh/unid
Pega de bloques	0,83	2,190 m^2	0,761 hh/m^2
Colocación de viguetas	0,85	22,480 ml	0,076 hh/ml
Repellos	0,82	11,668 m^2	0,140 hh/m^2
Encofrado	1,00	3,003 m^2	0,666 hh/m^2
Desencofrado	0,82	12,566 m^2	0,130 hh/m^2

Como continuación del objetivo específico 1, se muestran los resultados de la metodología Five Minutes Rating y Crew Balance para el sistema de mampostería tradicional utilizado por la empresa **Grupo Pirie**.

Metodología Five Minutes Rating y Crew Balance

Excavación de zanja para losa de cimentación

La tabla 18 muestra la cantidad de observaciones de TP, TC y TNP realizados durante esta actividad y la figura 35 muestra la productividad de dicha cuadrilla.

Tabla 18. Observaciones de TP, TC y TNP de la cuadrilla para la actividad de excavación.

Resumen	Trabajador		
	1	2	3
TP	62	58	92
TC	9	6	10
TNP	76	83	45
Total	147	147	147

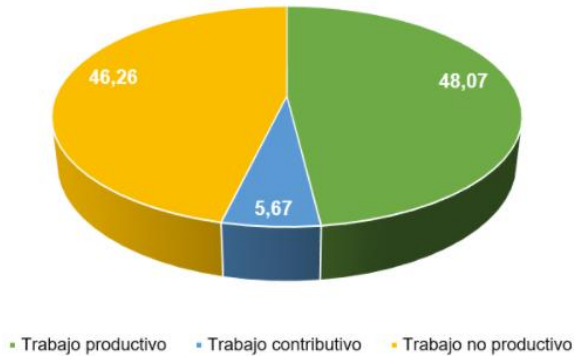


Figura 35. Productividad de la cuadrilla para la actividad de excavación

La cuadrilla fue evaluada durante un tiempo de 49 minutos del cuál se obtuvieron 441 observaciones. La figura 36 muestra mediante la metodología Crew balance las actividades realizadas por cada miembro de la cuadrilla y el tiempo (en porcentaje) que dedicó a dichas actividades.

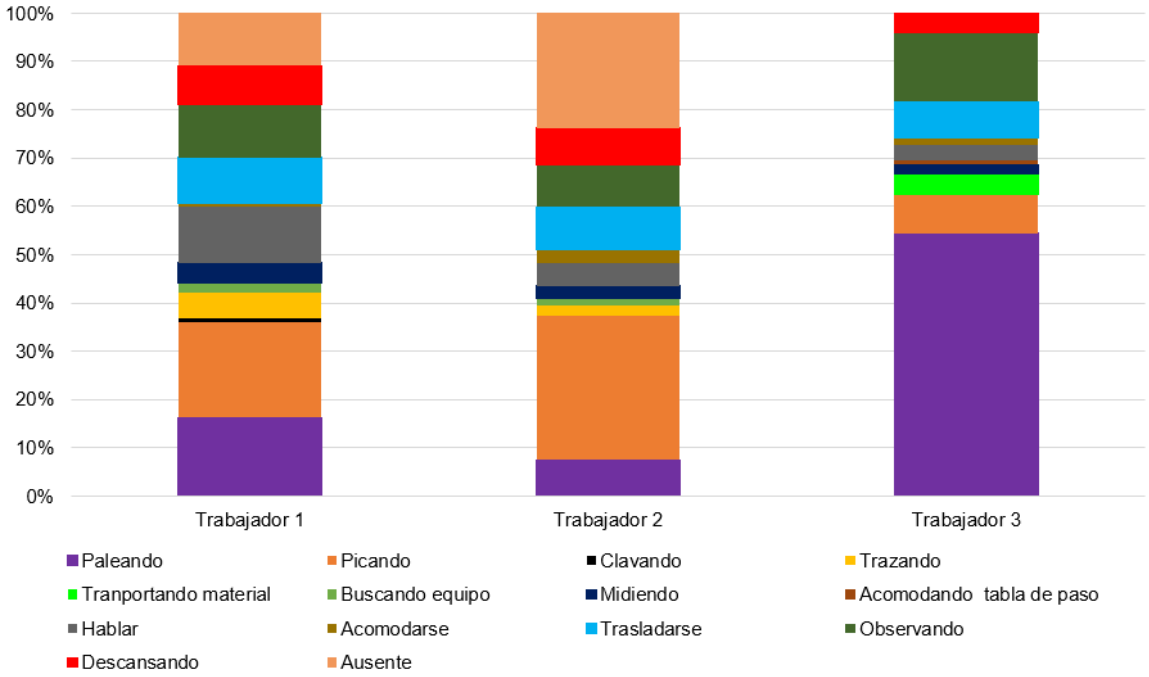


Figura 36. Metodología Crew Balance para la actividad de excavación de zanja para losa de cimentación.

Armado de acero

La tabla 19 muestra la cantidad de observaciones de TP, TC y TNP realizados durante esta actividad y la figura 37 muestra la productividad de dicha cuadrilla.

Tabla 19. Cantidad de observaciones de la cuadrilla para el armado de acero.

Resumen	Trabajador	
	1	2
TP	184	110
TC	18	6
TNP	38	124
Total	240	240

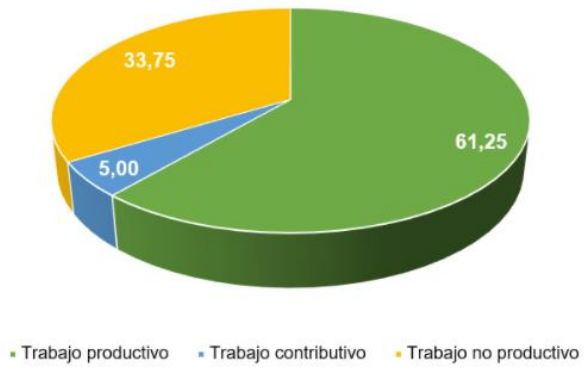


Figura 37. Productividad de la cuadrilla para el armado de acero.

La cuadrilla fue evaluada durante un tiempo de 1 hora del cuál se obtuvieron 480 observaciones. La figura 38 muestra mediante la metodología Crew balance para la cuadrilla durante el armado de acero.

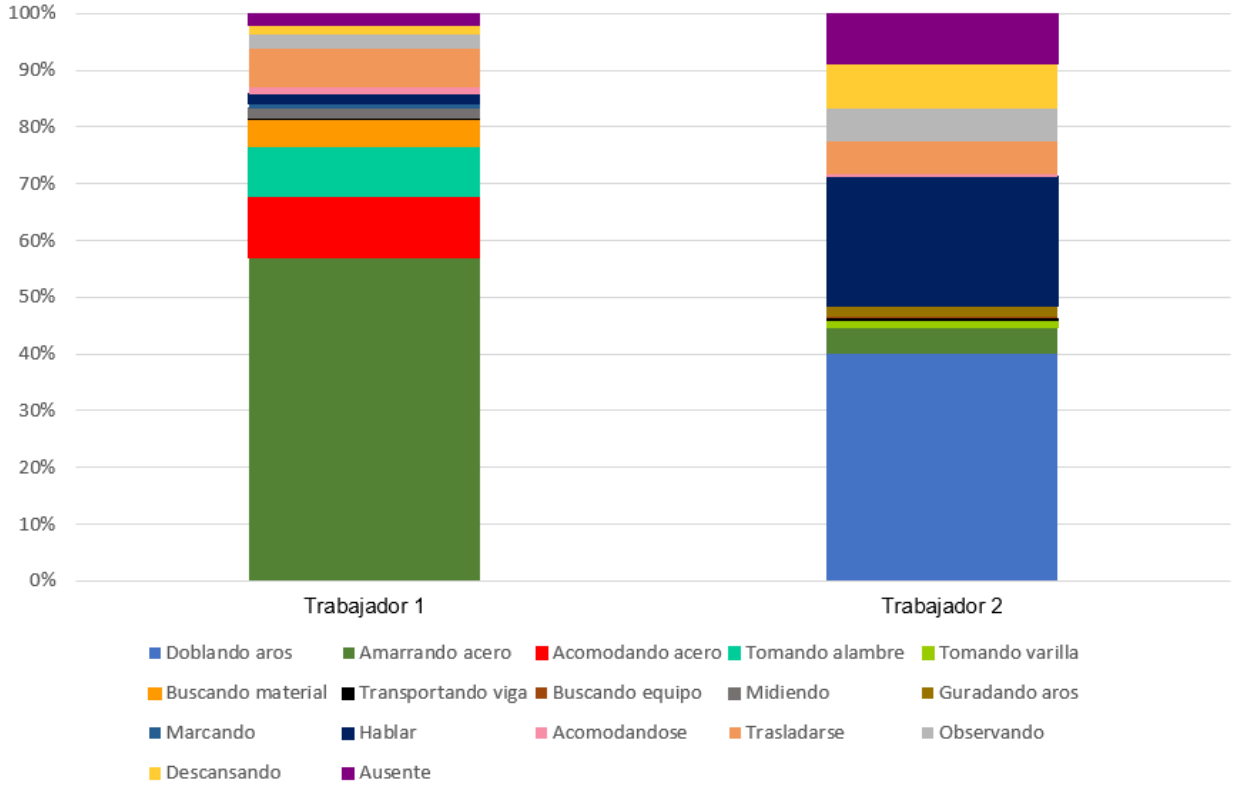


Figura 38. Metodología Crew Balance para la actividad de armado de acero.

Colocación de acero

La tabla 20 muestra la cantidad de observaciones de TP, TC y TNP realizados durante esta actividad y la figura 39 muestra la productividad de dicha cuadrilla.

Tabla 20. Cantidad de observaciones de la cuadrilla para la colocación de acero.

Resumen	Trabajador			
	1	2	3	4
TP	52	19	78	50
TC	18	51	17	20
TNP	50	50	25	50
Total	120	120	120	120

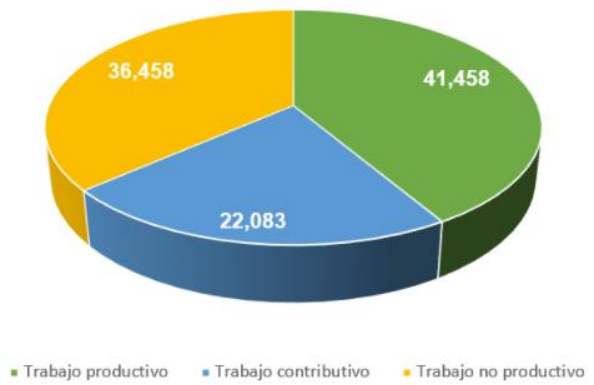


Figura 39. Productividad de la cuadrilla para la colocación de acero.

La cuadrilla fue evaluada durante un tiempo de 50 minutos del cuál se obtuvieron 480 observaciones. La figura 40 muestra mediante la metodología Crew balance para la cuadrilla durante la colocación de acero.

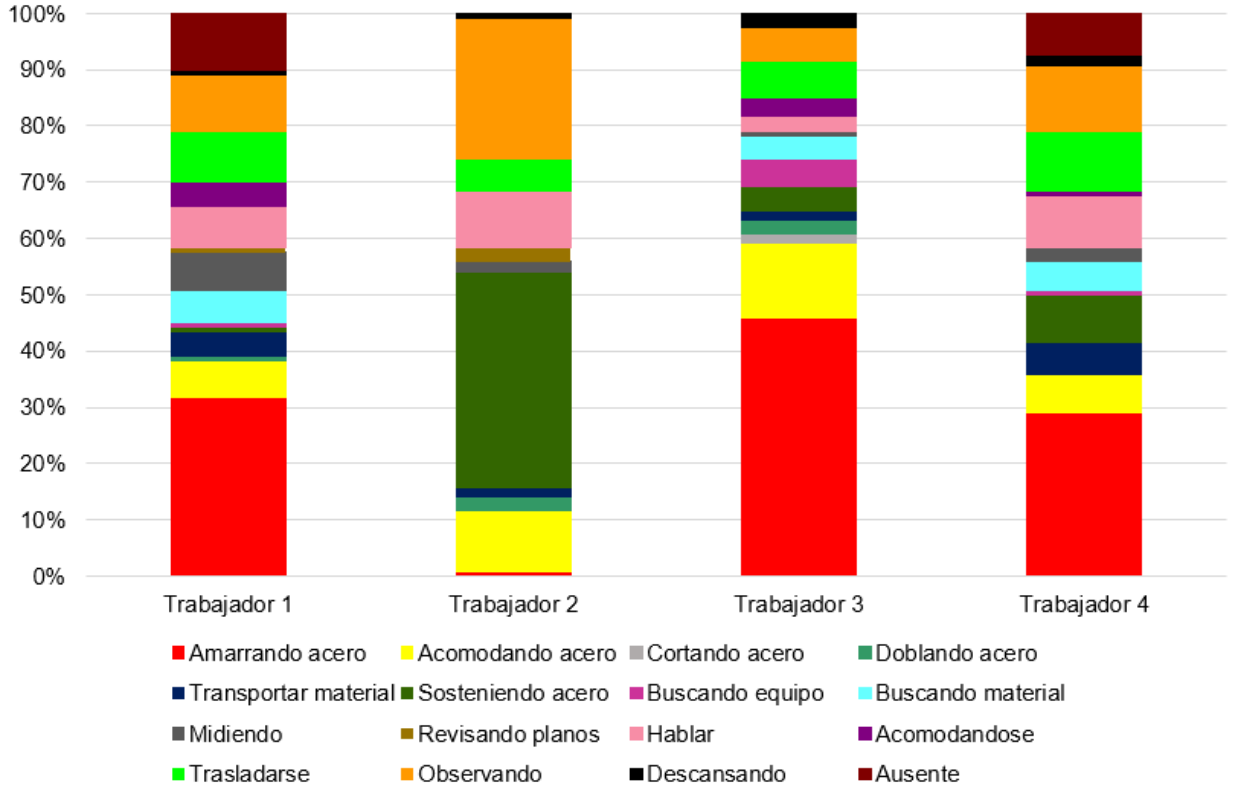


Figura 40. Metodología Crew Balance para la colocación de acero.

Colada de losa de cimentación

La tabla 21 muestra la cantidad de observaciones de TP, TC y TNP realizados durante esta actividad y la figura 41 muestra la productividad de dicha cuadrilla.

Tabla 21. Cantidad de observaciones para la cuadrilla durante la colada de losa.

Resumen	Trabajador						
	1	2	3	4	5	6	7
TP	15	18	38	22	34	22	25
TC	0	0	0	3	1	5	0
TNP	54	51	31	44	34	42	44
Total	69	69	69	69	69	69	69

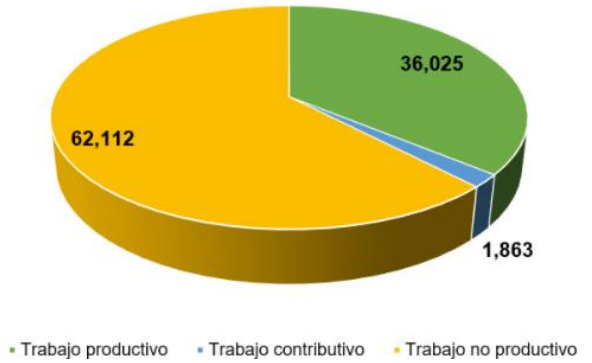


Figura 41. Productividad de la cuadrilla durante la colada de losa.

La cuadrilla fue evaluada durante un tiempo de 46 minutos del cuál se obtuvieron 483 observaciones. La figura 42 muestra mediante la metodología Crew balance para la cuadrilla durante la colada de losa de cimentación.

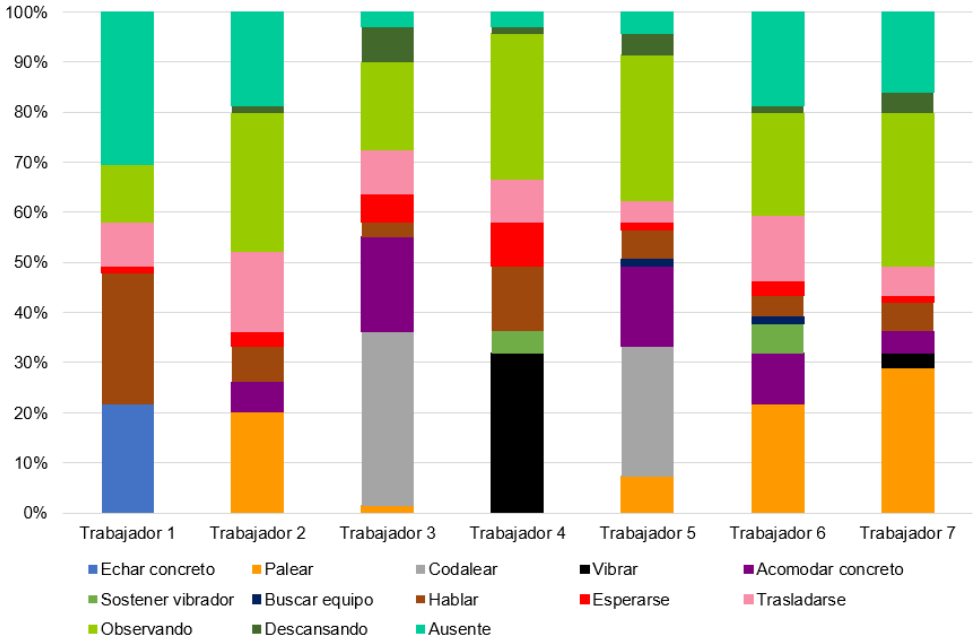


Figura 42. Metodología Crew Balance para la actividad de colada de losa.

Colocación de codales

La tabla 22 muestra la cantidad de observaciones de TP, TC y TNP realizados durante esta actividad y la figura 43 muestra la productividad de dicha cuadrilla.

Tabla 22. Cantidad de observaciones de la cuadrilla para la actividad de colocación de codales.

Resumen	Trabajador	
	1	2
TP	72	37
TC	34	59
TNP	94	104
Total	200	200

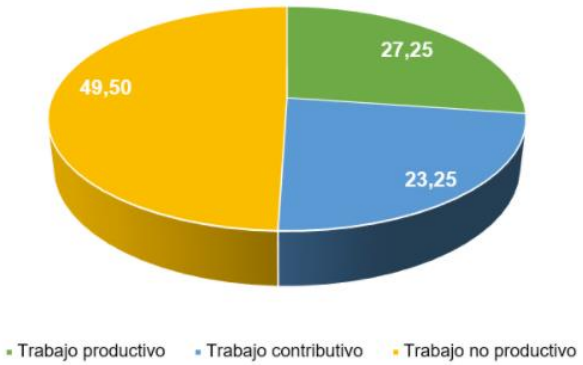


Figura 43. Productividad de la cuadrilla para la actividad de colocación de codales.

La cuadrilla fue evaluada durante un tiempo de 50 minutos del cuál se obtuvieron 400 observaciones. La figura 44 muestra mediante la metodología Crew balance para la cuadrilla durante la colocación de codales.

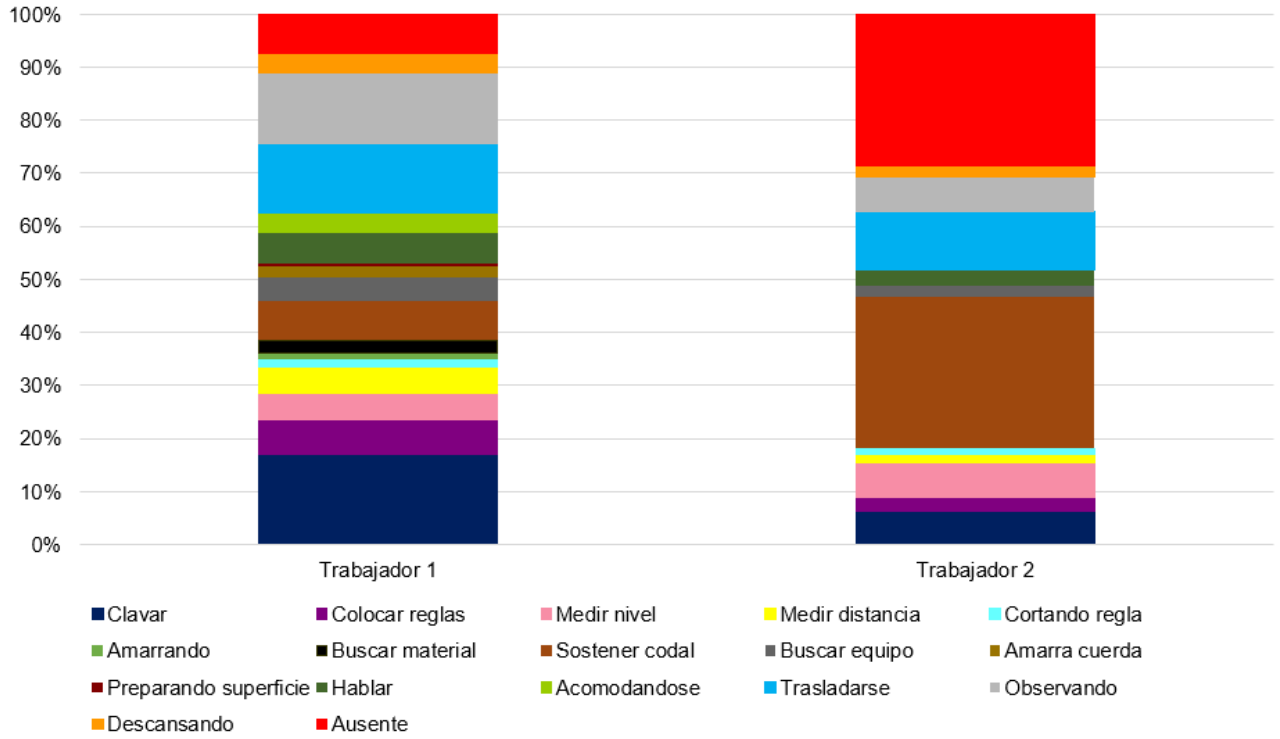


Figura 44. Metodología Crew Balance para la actividad de colocación de codales.

Pega de bloques

La tabla 23 muestra la cantidad de observaciones de TP, TC y TNP realizados durante esta actividad y la figura 45 muestra la productividad de dicha cuadrilla.

Tabla 23. Cantidad de observaciones de la cuadrilla durante la pega de block.

Resumen	Trabajador	
	1	2
TP	92	133
TC	30	45
TNP	53	32
Total	175	210

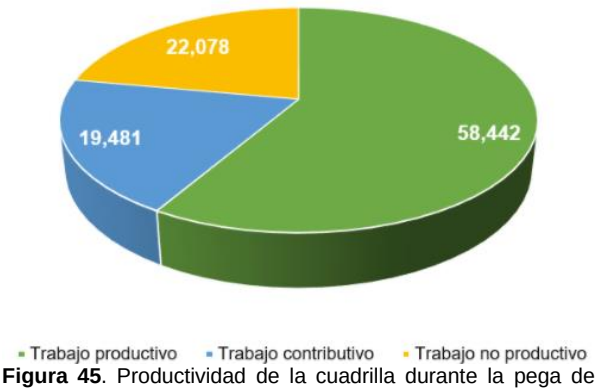


Figura 45. Productividad de la cuadrilla durante la pega de block.

La cuadrilla fue evaluada durante un tiempo de 52 minutos del cuál se obtuvieron 385 observaciones. La figura 46 muestra mediante la metodología Crew balance para la cuadrilla durante la actividad de pega de bloques.

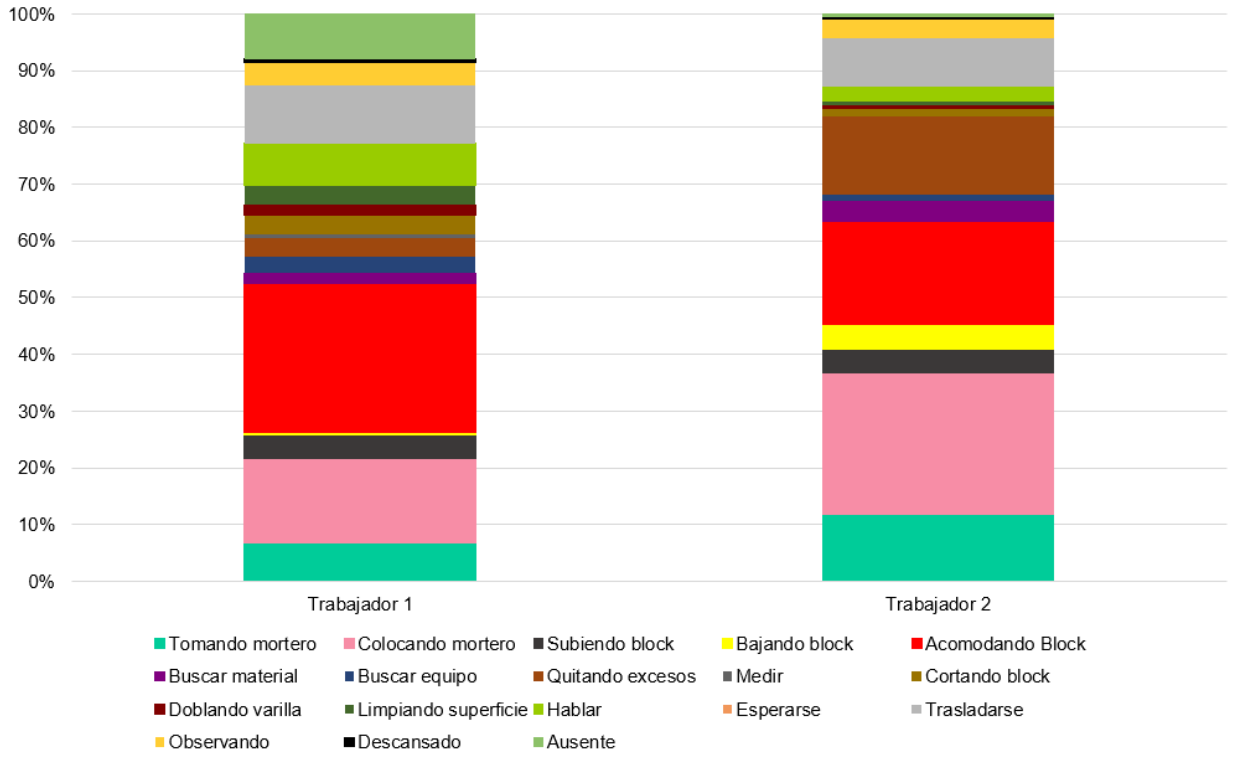


Figura 46. Metodología Crew Balance para la actividad de pega de block

Encofrado

La tabla 24 muestra la cantidad de observaciones de TP, TC y TNP realizados durante esta actividad y la figura 47 muestra la productividad de dicha cuadrilla.

Tabla 24. Cantidad de observaciones de la cuadrilla durante el encofrado.

Resumen	Trabajador	
	1	2
TP	77	63
TC	32	12
TNP	84	118
Total	193	193

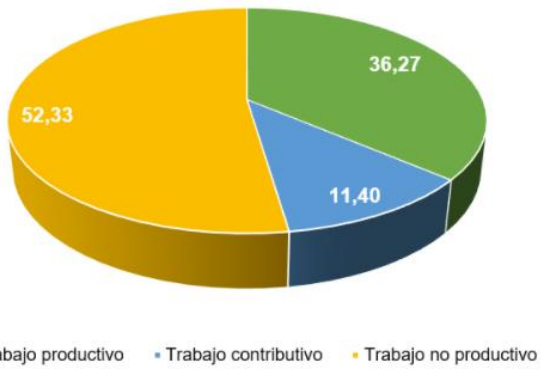


Figura 47. Productividad de la cuadrilla durante la actividad de encofrado.

La cuadrilla fue evaluada durante un tiempo de 48 minutos del cuál se obtuvieron 386 observaciones. La figura 48 muestra mediante la metodología Crew balance para la cuadrilla durante el encofrado.

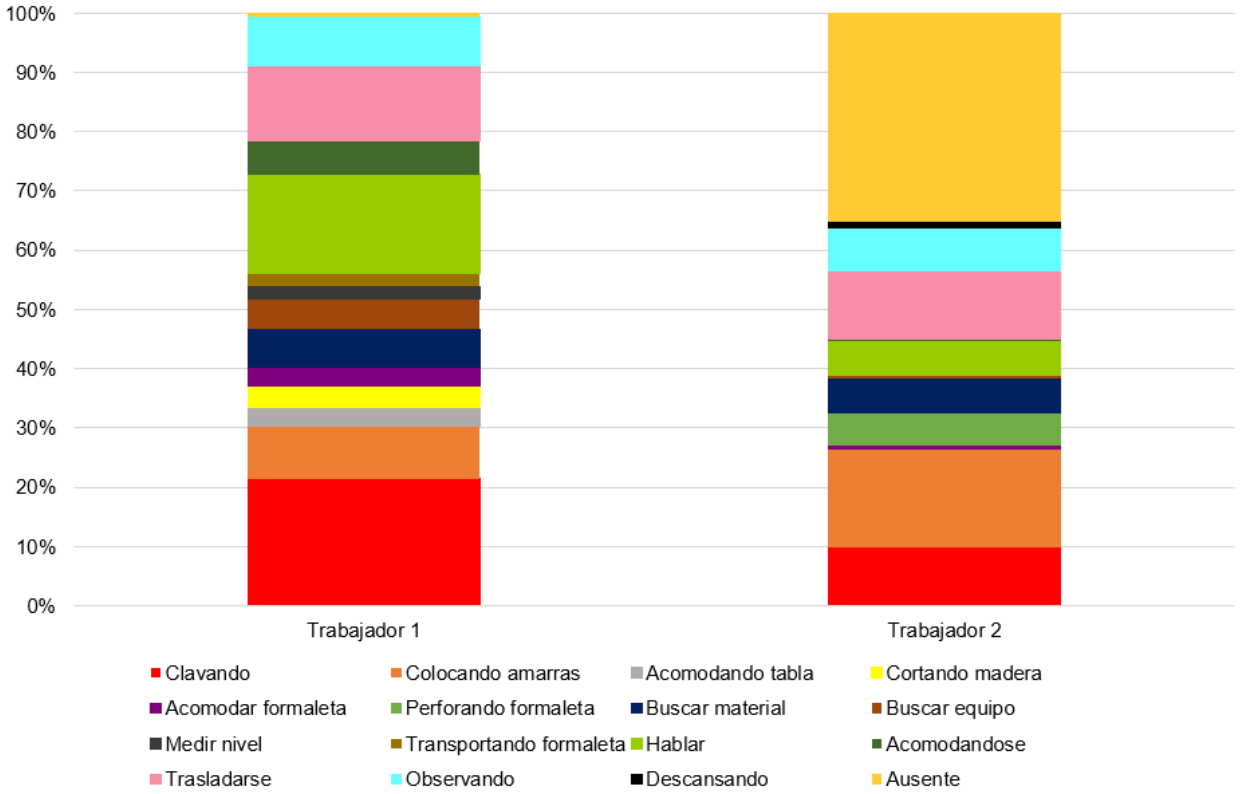


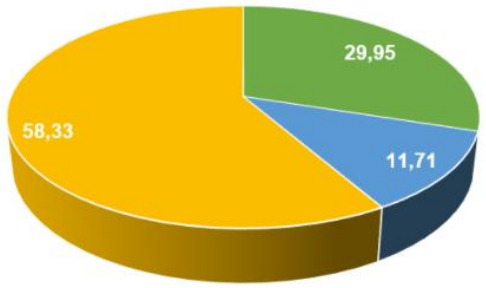
Figura 48. Metodología Crew Balance para la actividad de encofrado.

Colada con concreto fabricado en sitio

La tabla 25 muestra la cantidad de observaciones de TP, TC y TNP realizados durante esta actividad y la figura 49 muestra la productividad de dicha cuadrilla.

Tabla 25. Observaciones de la cuadrilla durante la colada con concreto fabricado en sitio.

Resumen	Trabajador		
	1	2	3
TP	74	35	24
TC	7	13	32
TNP	67	100	92
Total	148	148	148



Trabajo productivo · Trabajo contributivo · Trabajo no productivo

Figura 49. Productividad de la cuadrilla durante la actividad de colada con concreto fabricado en sitio.

La cuadrilla fue evaluada durante un tiempo de 49 minutos del cuál se obtuvieron 444 observaciones. La figura 50 muestra mediante la metodología Crew balance para la cuadrilla durante la colada con concreto fabricado en sitio.

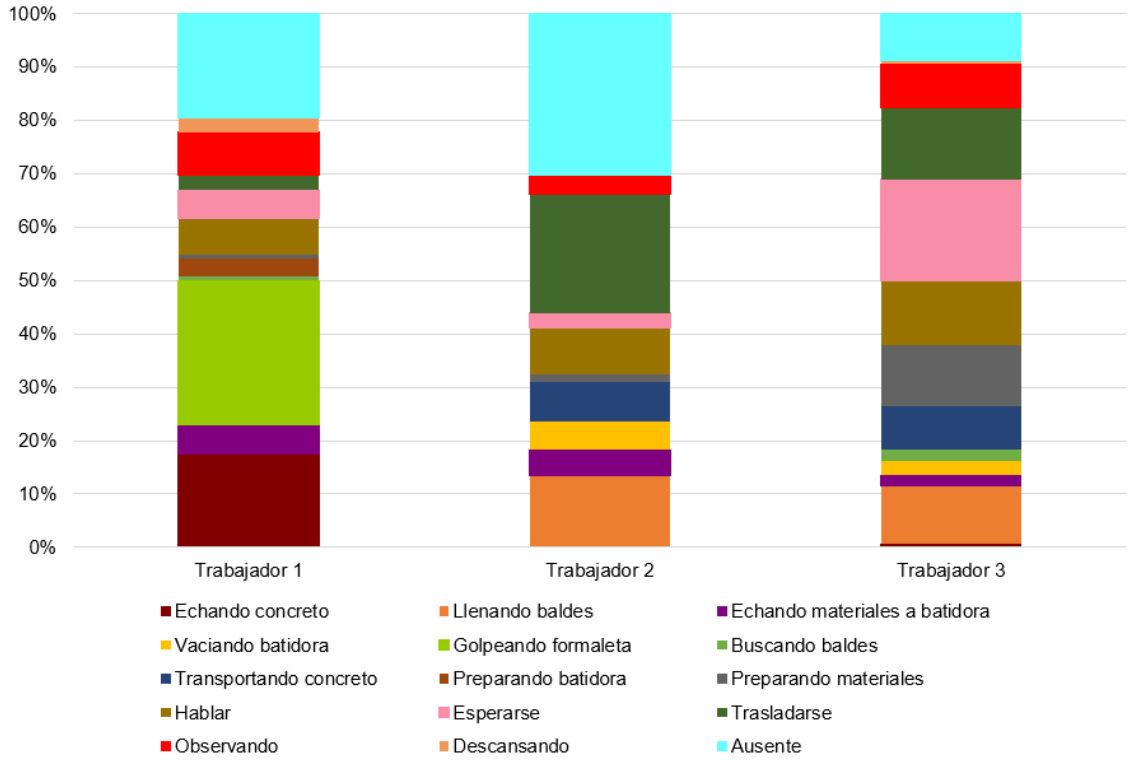


Figura 50. Metodología Crew Balance para la actividad de colada ocn concreto fabricado en sitio.

Desencofrado

La tabla 26 muestra la cantidad de observaciones de TP, TC y TNP realizados durante esta actividad y la figura 51 muestra la productividad de dicha cuadrilla.

Tabla 26. Observaciones de la cuadrilla durante el desencofrado.

Resumen	Trabajador		
	1	2	3
TP	63	87	53
TC	6	1	11
TNP	69	50	74
Total	138	138	138

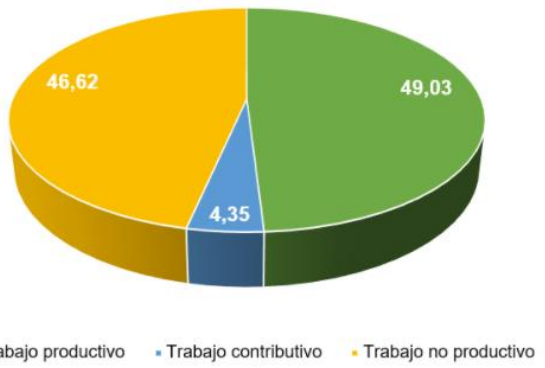


Figura 51. Productividad de la cuadrilla durante la actividad de desencofrado.

La cuadrilla fue evaluada durante un tiempo de 46 minutos del cuál se obtuvieron 414 observaciones. La figura 52 muestra mediante la metodología Crew balance para la cuadrilla durante el desencofrado.

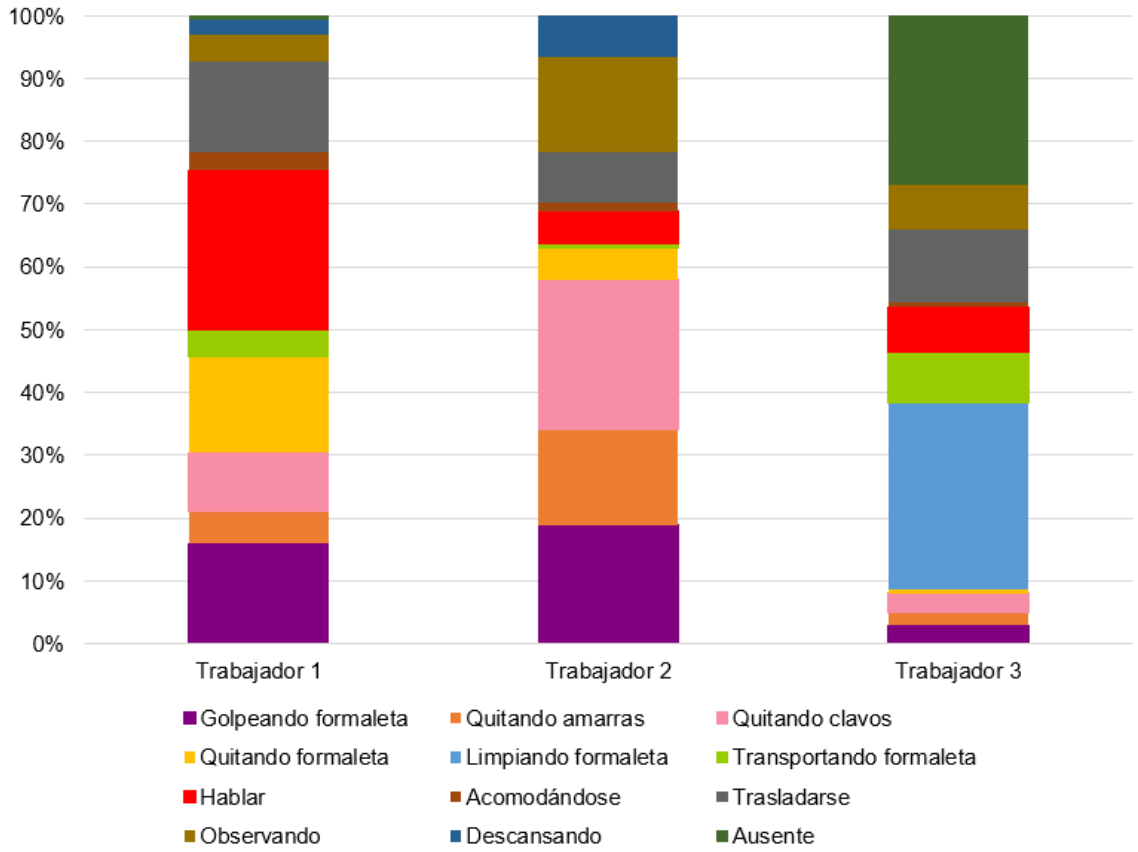


Figura 52. Metodología Crew Balance para la actividad de desencofrado.

Repellos

La tabla 27 muestra la cantidad de observaciones de TP, TC y TNP realizados durante esta actividad y la figura 53 muestra la productividad de dicha cuadrilla.

Tabla 27. Observaciones de a cuadrilla para la actividad de repellos.

Resumen	Trabajador 1
TP	283
TC	63
TNP	54
Total	400

Figura 53. Productividad de la cuadrilla para la actividad de repellos.

La cuadrilla fue evaluada durante un tiempo de 1 hora del cuál se obtuvieron 400 observaciones. La figura 54 muestra mediante la metodología Crew balance para la cuadrilla durante la actividad de repellos.

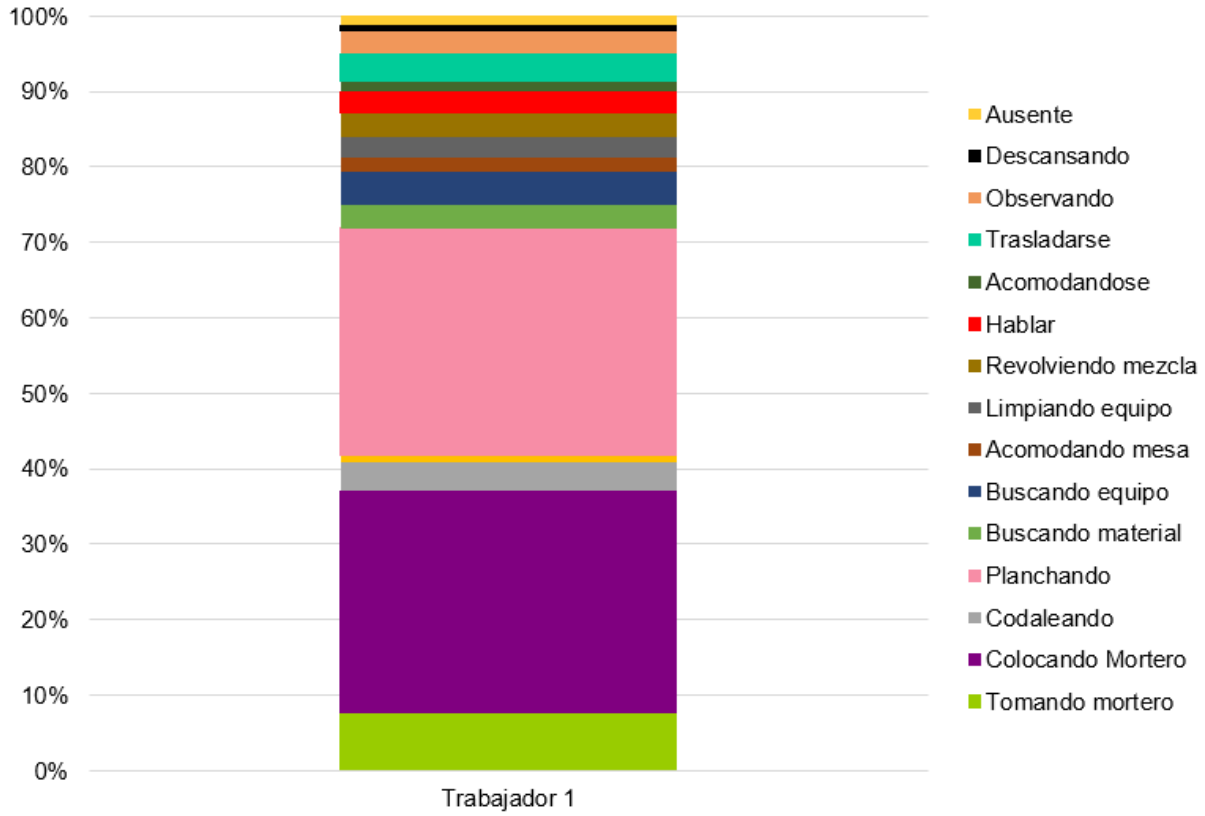


Figura 54. Metodología Crew Balance para la actividad de repellos.

Rendimientos sistema tradicional

La tabla 28 muestra los rendimientos de las actividades evaluadas para el sistema constructivo de mampostería tradicional que utiliza la empresa constructora Grupo Pirie en las viviendas que se construyen en el condominio Aranjuez.

Los rendimientos fueron calculados tal y como se explica en la sección de metodología.

Tabla 28. Rendimientos de mano de obra para el sistema constructivo de mampostería tradicional.

Actividad evaluada	Tiempo evaluado (h)	Material auditado	Rendimiento
Excavación de zanja para losa	0,82	0,94 m^3	2,606 hh/m^3
Confección de acero	1,00	41,664 kg	0,048 hh/kg
Colocación de acero	0,83	124,740 kg	0,027 hh/kg
Colada con bomba telescópica	0,77	10,390 m^3	0,443 hh/m^3
Colada con concreto hecho en sitio	0,82	0,66 m^3	3,743 hh/m^3
Colocación de codales	0,83	3,00 unid	0,556 hh/unid
Pega de bloques	0,88	3,52 m^2	0,497 hh/m^2
Repellos	1,00	14,81 m^2	0,068 hh/m^2
Encofrado	0,80	4,7 m^2	0,342 hh/m^2
Desencofrado	0,77	13,07 m^2	0,176 hh/m^2

Rendimientos materiales sistema modular

Se muestra a continuación la tabla de rendimientos de los materiales para el sistema de mampostería modular Armabloque, dicha tabla servirá para calcular la cantidad de desperdicios tal y como se explicó en la sección de metodología.

Tabla 29. Rendimiento de materiales por actividad para el sistema de mampostería modular Armabloque

Actividad	Rendimiento
Confección de acero (losa)	0,008 kg/kg armado
Colocación acero (muros)	0 kg/kg colocado
Colocación acero Gr.70	0,221 kg/kg colocado
Colada descarga directa	0,054 m^3/m^3 colado
Colada con bomba	0,051 m^3/m^3 colado
Pega de bloques	-
Bloque 45 cm	0,119 unid/unid coloc
Bloque 30 cm	0 unid/unid coloc
Bloque 15 cm	0 unid/unid coloc
Viguetas	0,036 m/m colocado
Repellos	0,145 saco/m^2 repellado
Mortero de pega	1,782 saco/m^3 calculado

Rendimientos materiales sistema tradicional

Se muestra a continuación la tabla de rendimientos de los materiales para el sistema de mampostería tradicional, dicha tabla servirá para calcular la cantidad de desperdicios tal y como se explicó en la sección de metodología.

Tabla 30. Rendimiento de materiales para el sistema de mampostería tradicional

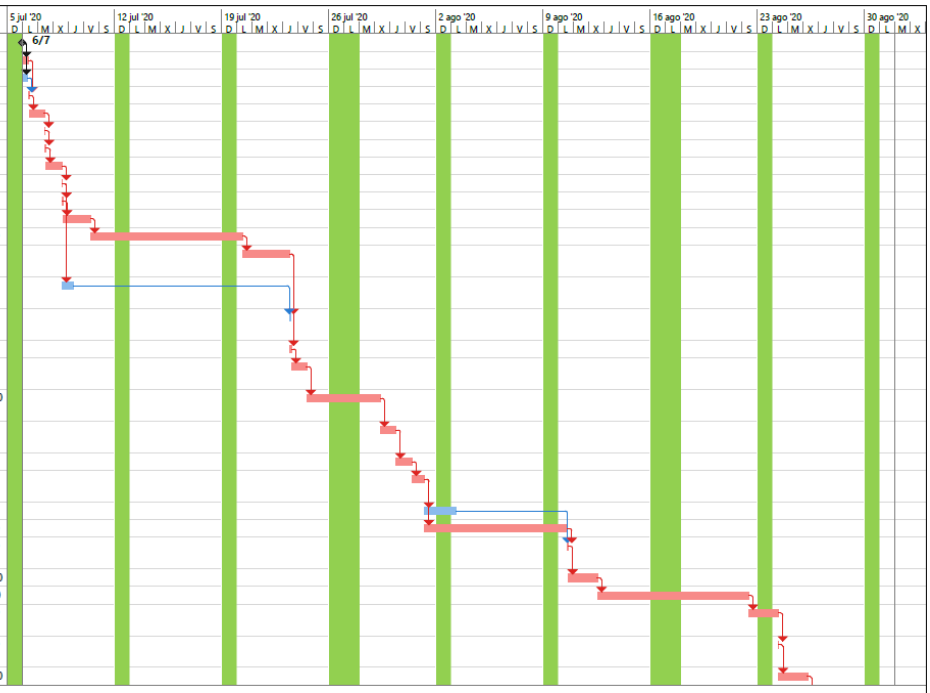
Actividad	Rendimiento
Confección de acero	0,003 kg/kg armado
Colada de concreto premezclado	0,122 m^3/m^3 colado
Pega de bloques	0,049 unid/unid colocada
Repellos	0,001 m^3/m^2 repellado
Mortero de pega	0,026 m^3/m^2 pared

Programación sistema mampostería modular

En esta sección se muestra la programación desarrollada en el software MsProject® para el modelo de vivienda desarrollado por Armabloque en el proyecto Escazú Urbano.

Los datos para realizar esta programación se obtuvieron a partir de la tabla 17 “Rendimientos sistema modular Armabloque”. Se muestra en la figura 55 la programación desarrollada a manera de ilustración, para apreciar con más detalle dicha información ver el apéndice 1.

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1	Inicio	0 días	lun 6/7/20	lun 6/7/20
2	Excavación para losa	0,28 días	lun 6/7/20	lun 6/7/20
3	Armado de acero losa	0,14 días	lun 6/7/20	lun 6/7/20
4	Colocación de acero losa	0,13 días	lun 6/7/20	lun 6/7/20
5	Colocación de acero murc	0,88 días	lun 6/7/20	mar 7/7/20
6	Encofrado	1 hora	mar 7/7/20	mar 7/7/20
7	Colada de losa fundación	0,9 horas	mar 7/7/20	mar 7/7/20
8	Fraguado y endurecimien	1 día	mar 7/7/20	mié 8/7/20
9	Desencofrado	0,2 horas	mié 8/7/20	mié 8/7/20
10	Colocación de codales	0,75 horas	mié 8/7/20	mié 8/7/20
11	Pega de bloques 1er nivel	1,41 días	mié 8/7/20	vie 10/7/20
12	Curado de muros 1er nive	7 días	vie 10/7/20	lun 20/7/20
13	Colocación de acero de vigas	2,84 días	lun 20/7/20	jue 23/7/20
14	Colocación de acero columnas	0,25 días	mié 8/7/20	jue 9/7/20
15	Colocación de acero Losa L-1	0,15 días	jue 23/7/20	jue 23/7/20
16	Colocación de viguetas	0,3 días	jue 23/7/20	jue 23/7/20
17	Colocación de acero muros 2do nivel	0,82 días	jue 23/7/20	vie 24/7/20
18	Encofrado de entrepiso y columnas	2,3 días	vie 24/7/20	mié 29/7/20
19	Colada de entrepiso y columnas	1 día	mié 29/7/20	jue 30/7/20
20	Fraguado y endurecimien	1 día	jue 30/7/20	vie 31/7/20
21	Desencofrado de entrepiso y columnas	0,45 días	vie 31/7/20	sáb 1/8/20
22	Repellos 1er nivel	1,02 días	sáb 1/8/20	lun 3/8/20
23	Curado de entrepiso	7 días	sáb 1/8/20	lun 10/8/20
24	Colocación de codales 2do nivel	0,12 días	lun 10/8/20	lun 10/8/20
25	Pega de bloques 2do nive	1,53 días	lun 10/8/20	mié 12/8/20
26	Curado muros 2do nivel	7 días	mié 12/8/20	sáb 22/8/20
27	Colocación de acero viga corona	0,77 días	sáb 22/8/20	lun 24/8/20
28	Colocación de acero vertical tapichel	0,27 horas	lun 24/8/20	lun 24/8/20
29	Encofrado de vigas corona	1,5 días	lun 24/8/20	mié 26/8/20



Proyecto: Programación ARMA
Fecha: mié 4/11/20

Tarea · División · Hito · Resumen · Resumen del proyecto · Tarea inactiva · Hito inactivo · Resumen inactivo · Tarea manual · solo duración · Informe de resumen manual · Resumen manual · solo el comienzo · solo fin · Tareas externas · Hito externo · Fecha límite · Tareas críticas · División crítica · Progreso · Progreso manual

Página 1

Figura 55. Programación sistema de mampostería modular Armabloque.

Programación sistema mampostería tradicional

Al igual que con el sistema de mampostería modular, se desarrolló una programación para el sistema de mampostería tradicional a partir de los datos de rendimientos de la tabla 28 “Rendimientos sistema tradicional”.

En la figura 56 se muestra a manera de ilustración la programación desarrollada en MsProject®, para apreciar con detalle dicha información ver el apéndice 2.

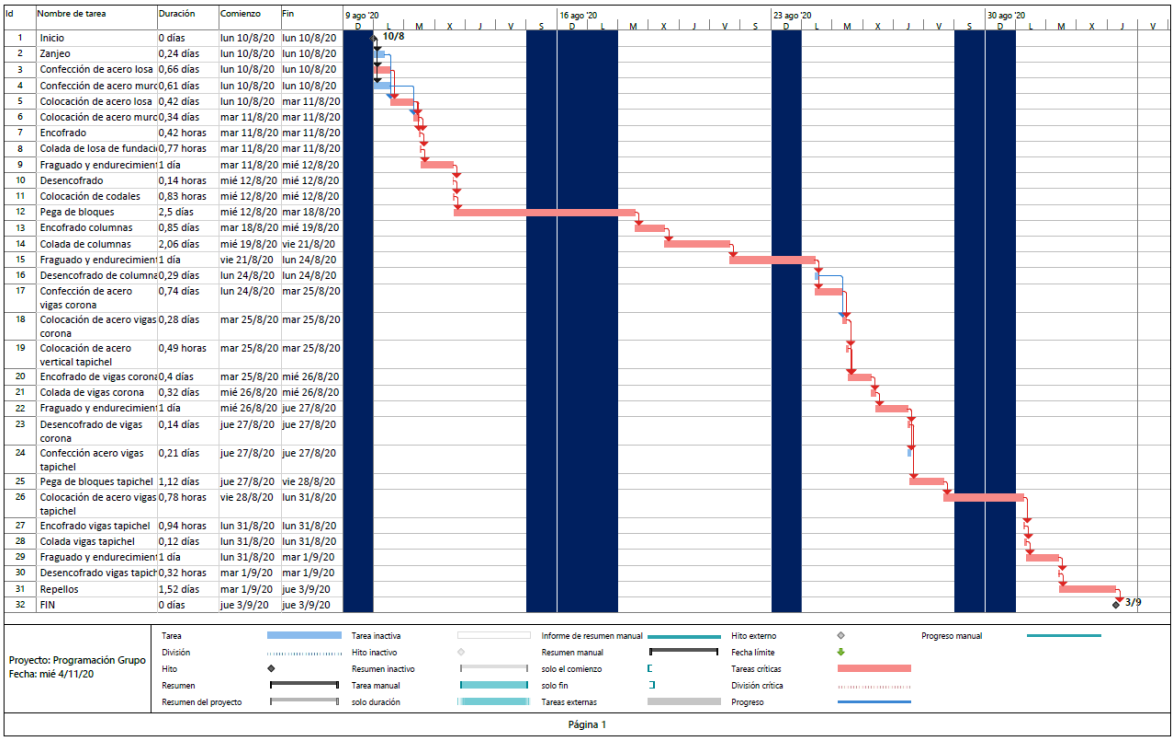


Figura 56. Programación sistema de mampostería tradicional.

Presupuesto sistema de mampostería modular

El apéndice 3 muestra el presupuesto detallado de los materiales y desperdicios para el modelo de vivienda desarrollado por Armabloque en el proyecto Escazú Urbano.

En la tabla 31 se muestra un resumen del presupuesto para la vivienda construida con el sistema de mampostería modular Armabloque.

Tabla 31. Resumen presupuesto de vivienda sistema mampostería modular Armabloque.

Costo Materiales	₡12 210 578,20
Costo mano de obra directa	₡1 713 299,90
Desperdicios	₡722 145,74
Total	₡14 646 023,83
Área (m^2)	138,92
Costo/m^2	₡105 427,75

Presupuesto sistema de mampostería tradicional

La tabla 32 muestra un resumen del presupuesto para la vivienda construida con el sistema de mampostería tradicional utilizado por Grupo Pirie.

Para observar el presupuestado detallado de materiales y desperdicios de está vivienda diríjase al apéndice 4.

Tabla 32. Resumen presupuesto de vivienda sistema de mampostería tradicional.

Costos materiales	₡5 658 162,36
Costo mano de obra directa	₡570 298,51
Costo desperdicios	₡635 066,98
TOTAL	₡6 863 527,85
Área (m^2)	69,43
Costo/m^2	₡98 855,36

Listado de problemas de calidad detectados

Armabloque Sistemas de Construcción

Entre los problemas de calidad detectados durante las visitas a campo se encuentran las siguientes:

a) Acero grifado en los traslapes de la losa de cimentación, ver figura 57.

Figura 57. Acero grifado

b) Cortes innecesarios de algunas secciones de varillas en el acero de losa de cimentación, ver figura 58.

Figura 58. Cortes en varillas de armadura

c) Secciones de losa que no cumplen con el recubrimiento o no tienen acero, ver figura 59.

Figura 59. Sección inferior de losa sin acero

d) Colada de losa de cimentación en clima lluvioso, ver figura 60.

Figura 60. Losa de cimentación con exceso de agua

e) Incorrecta técnica del vibrado del concreto, ver figura 61.

Figura 61. Incorrecta técnica de vibrado

f) Exceso de tiempo de colocación del concreto, por lo que se requiere agregar agua a la mezcla colocada, ver figura 62.

Figura 62. Trabajador agregando agua a la mezcla de concreto

g) Buques de bloques de concreto, rellenos a tope, ver figura 63.

Figura 63. Buque de block relleno

Sistema mampostería tradicional

Durante las visitas a campo se detectaron algunos problemas de calidad utilizando el sistema de mampostería tradicional, los cuáles se enuncian a continuación:

a) No se cumple con el recubrimiento en varias secciones de la losa de cimentación, ver figura 64.

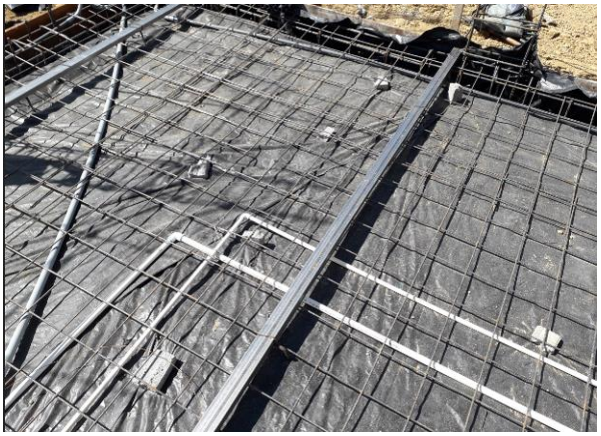


Figura 64. Secciones de acero de losa sin helados.

b) Mortero de pega de bloques no pasa la prueba de la cuchara, ver figura 65.

Figura 65. Prueba de la cuchara para mortero de pega

c) Mortero de pega de bloques excede el tiempo de colocación, esto se debe a que se deja bajo el sol en tiempos de comida de los trabajadores, ver figura 66.

Figura 66. Mortero de pega de bloques fraguado

d) Bloques de concreto se cortan con golpes de mazo o martillo, ver figura 67.

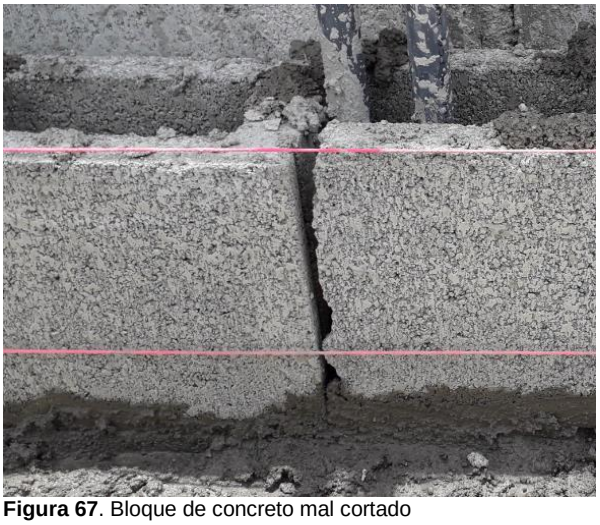


Figura 67. Bloque de concreto mal cortado

e) Bloques de concreto mal colocados o que no cumplen que no cumplen con el alineamiento horizontal, ver figura 68 y 69.

Figura 68. Bloques incumplen alineamiento horizontal.

Figura 69. Bloque de concreto mal colocado

f) Sisas del muro de diferentes tamaños y que exceden lo recomendado en el Manual de Construcción con bloques de concreto del ICCYC, ver figura 70.

Figura 70. Sisa de muro

g) No se cumple con el recubrimiento del acero en vigas, ver figura 71.

Figura 71. Acero expuesto en vigas

h) No se utilizan “maestras” para realizar repello de muros.

Diagramas de Ishikawa

En esta sección se presentan los diagramas de Ishikawa para los problemas de control de calidad, en la figura 73 se presenta el diagrama para el sistema constructivo de mampostería modular Armabloque y en la figura 74 para el sistema constructivo de mampostería tradicional implementado por Grupo Pirie.

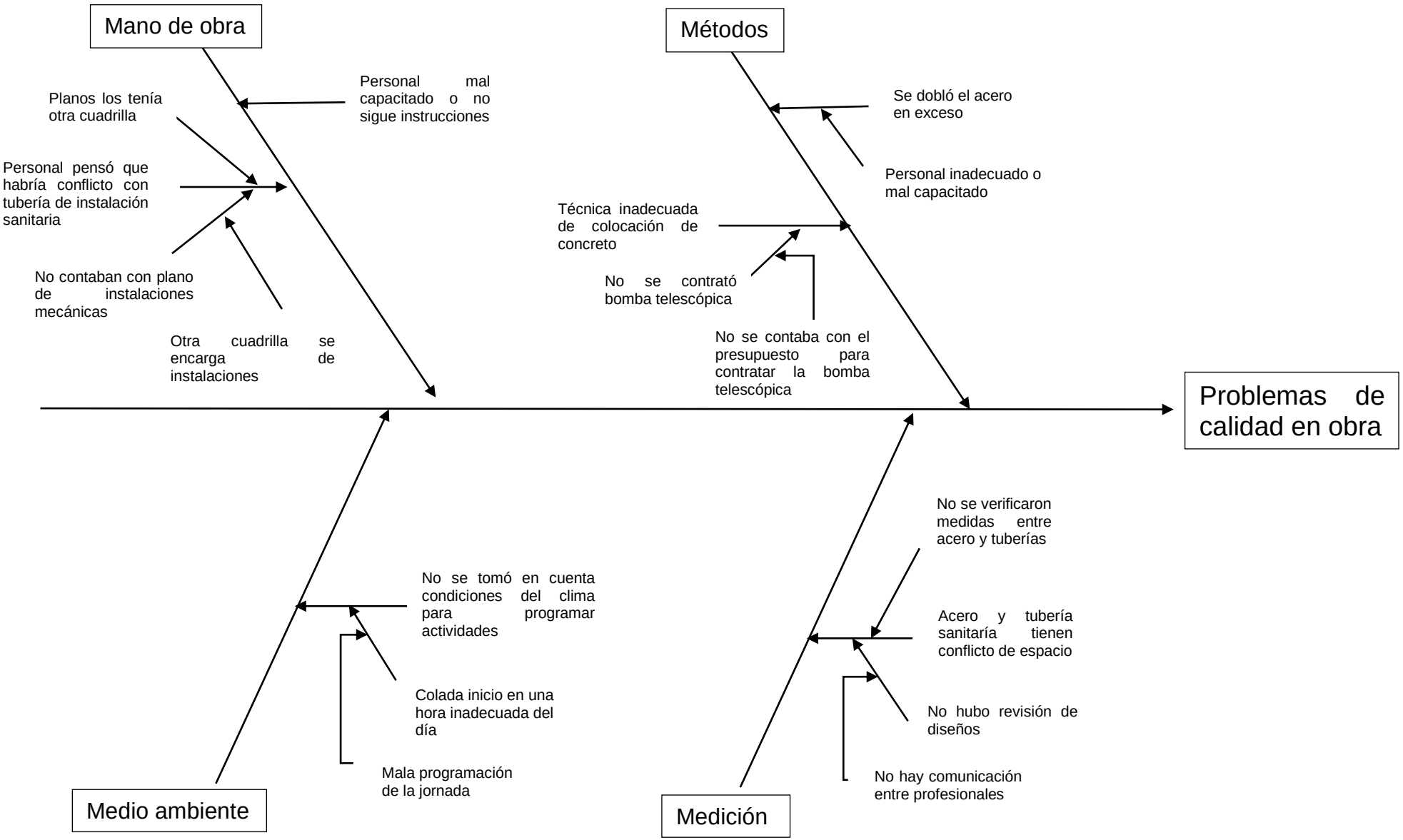


Figura 72. Diagrama de Ishikawa para el sistema de mampostería modular Armabloque

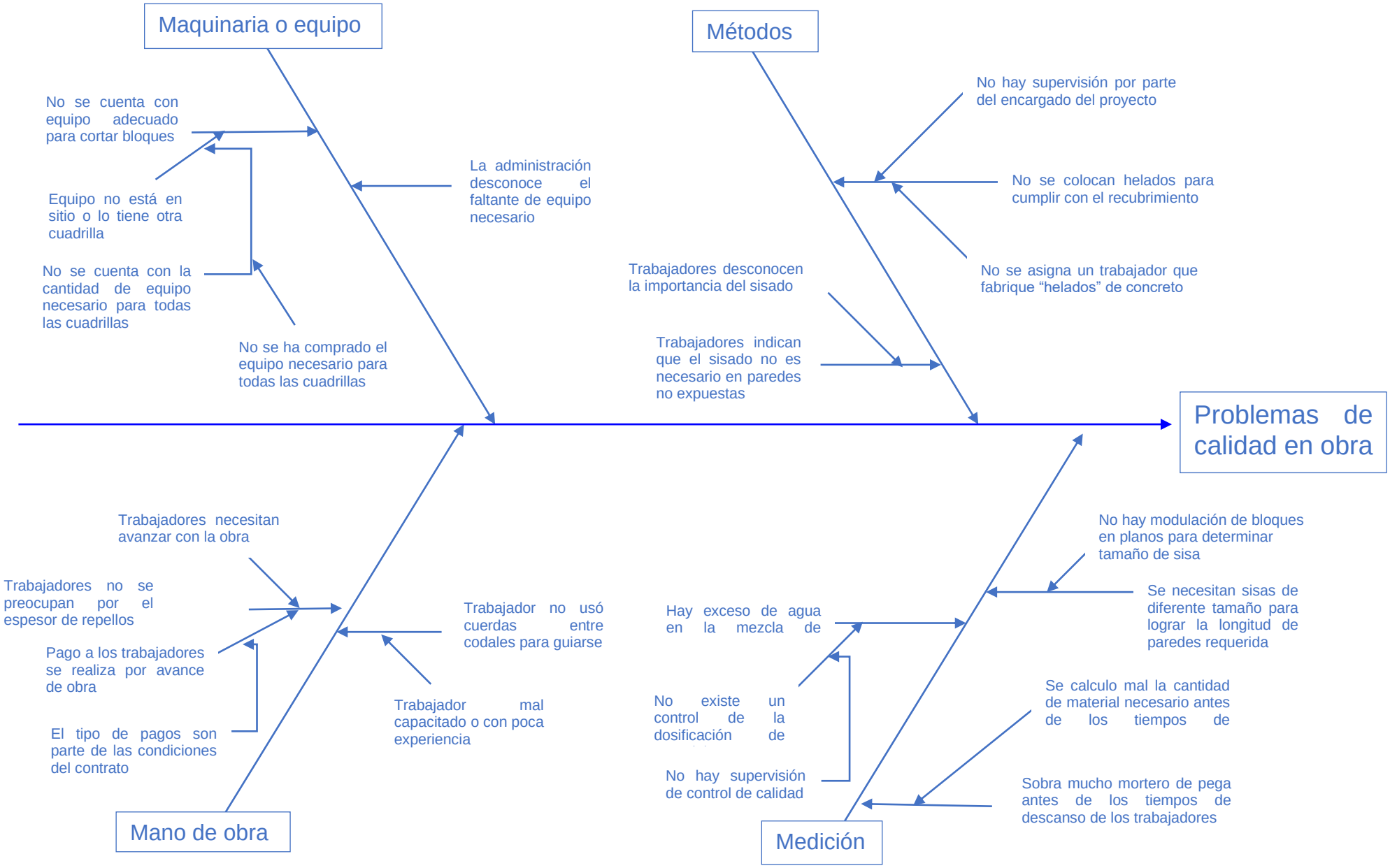


Figura 73. Diagrama de Ishikawa para el sistema de mampostería tradicional

Análisis de los resultados

El análisis que se va a realizar en esta sección será una comparación entre ambos sistemas de mampostería, modular vs tradicional, enfocado en productividad de la mano de obra, costos, plazo y calidad. Además, se va a describir las actividades del proceso constructivo, esto con el fin de que el lector comprenda el contexto del trabajo evaluado.

Productividad de la mano de obra

La comparación de productividad que se va a realizar será entre los datos de productividad obtenidos de los sistemas constructivos y los valores óptimos de productividad que se presentó en la figura 1 en la sección de “Marco teórico”

Debido a que el tipo de vivienda que se desarrolló con el sistema modular Armabloque es de 2 niveles y en su proceso constructivo existen actividades como las de entrepiso que no se ejecutaron en la vivienda desarrollada con el sistema tradicional (ya que esta es de un nivel), estas actividades serán comparadas contra los valores de productividad óptimos de la figura 1.

Excavación de zanja para losa de cimentación

Para ambos sistemas de mampostería se utilizó el sistema de losa flotante, por lo que la excavación realizada para el sistema de mampostería modular era de 10 cm de profundidad, mientras que para el sistema de mampostería tradicional fue de 30 cm. Dichas actividades se aprecian en las siguientes figuras.

Figura 724. Excavación de zanja del sistema de losa flotante para el sistema de mampostería modular

Figura 75. Excavación de zanja del sistema de losa flotante para el sistema de mampostería tradicional

Si se observa las figuras 12 y 35, para ambos sistemas de mampostería la productividad es muy baja en comparación con los valores de productividad óptimos.

Entre sistemas, se observa que el porcentaje de trabajo productivo es más alto en el sistema tradicional y que para el sistema modular la cuadrilla fue muy poco productiva, a pesar de que la profundidad de excavación de zanja era mucho menor en el sistema modular (10cm) en

comparación al sistema tradicional (30cm), esta baja productividad en el sistema modular se debe a la sobrepoblación de trabajadores al momento de realizar la evaluación de la cuadrilla.

Tal y como lo indica Serpell (1986) el agrupamiento de muchos trabajadores en una misma actividad impacta de forma negativa la productividad. Al momento de realizar la evaluación se encontraba una cuadrilla de 7 trabajadores para el sistema modular (ver figura 13), mientras que para el sistema tradicional trabajo una cuadrilla de 3 peones (ver figura 36).

La sobrepoblación de trabajadores para esta actividad ocasionó que los trabajadores del sistema modular realizaran una gran cantidad de labores no productivas como hablar, esperar, observar a sus compañeros, entre otros (ver figura 13)

Armado de acero

El armado de acero para el sistema de mampostería modular consiste en el traslape de las armaduras pre-armadas en el taller de Armabloque, tal y como se explicó en la sección de “Marco teórico”, dicha actividad se puede observar en la siguiente figura.

Figura 736. Armaduras traslapadas para el sistema de mampostería modular.

La actividad de armado de acero tiene diferencias de productividad, se observa en la figura 14 que los porcentajes de trabajo productivo y no productivo fueron casi iguales, esto provoca que la productividad se aleje de los datos que se esperan de Trabajo Productivo (TP), Trabajo Contributivo (TC) y Trabajo no Productivo (TNP) que se muestran en la figura 1.

Este porcentaje tan alto de trabajo no productivo para el sistema modular se debe a que, durante la evaluación de la cuadrilla, uno de los trabajadores involucrados era el maestro de obras (trabajador 1) y este pasó gran parte del tiempo realizando actividades como observar, dar, instrucciones, descansar, entre otros (ver figura 15).

Para el sistema de mampostería tradicional ocurrió que al momento en que al estudiante se le permitió el ingreso a la obra, gran parte de las armaduras ya estaban terminadas, sin embargo, fue posible evaluar a una cuadrilla durante el armado de una viga corona, este inconveniente provocó además que no fuera posible evaluar desperdicios de acero para el sistema tradicional. El armado de esta viga se observa en la siguiente figura.

Figura 747. Armado de viga corona para el sistema de mampostería tradicional.

La productividad de esta actividad (ver figura 37) para el sistema tradicional tiene un comportamiento más cercano a lo que se detalla en la figura 1, se aprecia que el porcentaje de trabajo productivo es casi idéntico a lo que Serpell (2002) detalló como valor óptimo, sin embargo, si se observan los porcentajes de trabajo contributivo y no productivo, estos sí se alejan de los valores óptimos, es necesario disminuir el porcentaje de trabajo no productivo e incrementar el trabajo contributivo.

Colocación de acero

Para el sistema de mampostería modular la colocación del acero consiste el colocar el acero vertical que va dentro de los bloques, ya que se trata de un sistema de mampostería modular integral, así mismo el acero de las vigas de

entrepiso y corona consiste en el traslape de armaduras pre armadas en el taller de Armabloque.

Figura 75. Colocación de acero vertical de muros

Figura 79. Colocación de acero de entrepiso.

La colocación del acero para el sistema de mampostería modular demostró ser una actividad muy eficiente (ver figura 16) en comparación con el sistema de mampostería tradicional (ver figura 39). Los resultados para el sistema modular están dentro de los valores óptimos de productividad detallados en la figura 1.

En la figura 17 se aprecia que entre un 65% y 70% de las actividades que realizó la cuadrilla del sistema modular corresponden a actividades productivas, esto podría deberse a la buena organización y buen procedimiento del sistema que como lo menciona Cantu et al. (2018) son algunos de los factores que mejoran la productividad.

Para el sistema de mampostería tradicional se utilizaron elementos de confinamiento como lo son columnas, por lo que además de colocar el acero vertical de los bloques del muro, también debió colocarse el acero de estos elementos.

Figura 76. Acero vertical y de columnas del sistema de mampostería tradicional.

La cuadrilla del sistema tradicional para esta actividad estaba conformada por 4 trabajadores (ver figura 40) que, si bien esto no implica que haya una sobrepoblación de trabajadores, sí provoca que dentro de la cuadrilla se ejecuten más tareas de trabajo no productivo como observar, trasladarse e incluso a estar ausentes.

A pesar de lo anteriormente descrito, al observar las tablas 17 y 28, se observa que la cuadrilla del sistema tradicional tiene un mejor rendimiento, al requerir menor cantidad de horas hombre por kg de acero colocado.

Colada de losa de cimentación

Esta actividad para ambos sistemas de mampostería se realizó con concreto premezclado, para el sistema de mampostería modular Armabloque fue evaluada 2 veces, debido a que el procedimiento para dicha actividad se realizó de dos maneras distintas, la primera mediante descarga directa de concreto y la segunda haciendo uso de bomba telescópica.

Figura 771. Colada de losa mediante descarga directa, sistema modular Armabloque.

Figura 782. Colada de losa utilizando bomba telescópica, sistema modular Armabloque.

Figura 793. Colada de losa con bomba telescópica sistema de mampostería tradicional.

Al comparar ambas formas de colocación de concreto se observa que la productividad no mejoró en gran manera (ver figuras 18 y 19), ya que ninguna de las 2 formas de colocación de concreto se acerca a los valores de productividad de la figura 1.

Lo que sí se aprecia en la tabla 10, es como hay mejora significativa de tiempo para realizar dicha actividad, pasando de 3 horas con 15 minutos a solo 54 minutos lo que mejora la calidad final del producto, ya que, como menciona Torres (2012) el concreto convencional tiene un tiempo de fraguado inicial de 2,5 horas y final de 4 horas. Además el proceso del endurecimiento va unido al del fraguado, ya que el fraguado aproxima el comienzo de la hidrólisis inicial, de la hidratación y el comienzo del endurecimiento (Ludwig, 1972).

Se observó durante las visitas a campo que en ocasiones agregaban agua al concreto de losa colocado mediante descarga directa (ver figura 62) esto debido a que el concreto perdía trabajabilidad.

Entonces al comparar la colada de concreto con bomba telescópica del proyecto con el sistema modular (ver figura 19) contra la del sistema tradicional (ver figura 41), vemos que ninguna de las cuadrillas se acercó a los valores óptimos de productividad (figura 1), no hay distinción en la metodología de trabajo para ambos sistemas, pero sí se observa que la cuadrilla de Armabloque Sistemas de Construcción fue ligeramente más productiva un 40% contra un 36%, además de que realizan mayor cantidad de actividades de trabajo contributivo.

El alto porcentaje de trabajo no productivo de la cuadrilla del sistema tradicional

que supera el 60%, se debe a la gran cantidad de tiempo que los trabajadores estuvieron ausentes, hablando, observando, entre otros (ver figura 42).

Ambas cuadrillas presentaban una sobrepoblación de trabajadores (ver figuras 21 y 42) en las que además se observa las actividades que cada trabajador ejecutó y el porcentaje de tiempo que dedicó a las mismas. Se considera sobrepoblación debido a que la cuadrilla completa ejecutaba trabajos en la misma vivienda.

Según lo observado en campo esta actividad puede ser realizada con solo 4 trabajadores en lugar de los 8 colaboradores que participaron de la actividad, en la figura 21 se aprecia que los trabajadores 1, 3, 5 y 7 son los que más actividades productivas ejecutan para el sistema modular, mientras que en la figura 42, los trabajadores 1, 3, 4 y 5 son los colaboradores más productivos para el sistema tradicional.

Colocación de codales

Esta actividad no estaba incluida dentro de las actividades que especifica el Manual de Construcción con bloques de concreto del ICCYC, pero decidió incluirse ya que durante las visitas se observó que para ambos sistemas es una actividad representativa del proceso de construcción de las viviendas.

Los codales utilizados en ambos sistemas de mampostería era elementos metálicos de tres metros de altura aproximadamente con bases o apoyos de madera colocados diagonalmente al elemento vertical metálico, tal y como se observa en la siguiente figura.

Figura 804. Colocación de codales.

Al observar las figuras 22 y 43, se aprecia que para ambos sistemas constructivos (modular y tradicional) se presenta valores de productividad muy similares entre sí, sin embargo, los datos de rendimientos obtenidos y detallados de las tablas 17 y 28 deja en evidencia que el sistema modular es más eficiente en esta actividad, ya que tiene un valor de rendimiento más bajo, al ser más bajo, esto quiere decir que un trabajador requiere menos tiempo para realizar una unidad de trabajo, en este caso 0,321 hh/unid del sistema de mampostería modular contra 0,556 hh/unid del sistema de mampostería tradicional.

Nótese además que el material auditado (colocado por la cuadrilla) fue de 14 codales en el sistema modular y de 3 codales para el sistema tradicional, sin embargo, esto no es inherente al sistema que se utilice, sino que tiene relación directamente con la eficiencia de la cuadrilla y la cantidad de trabajadores que realizan dicha actividad, 6 en el caso del sistema modular (ver figura 23) y 2 para el sistema tradicional (ver figura 44).

El motivo por el cual las cuadrillas no son aún más eficientes se debe en el caso del sistema modular, al agrupamiento de muchos trabajadores

en una misma área, ya que el momento de evaluar la actividad otra cuadrilla se encontraba trasladando bloques y para el sistema tradicional se debe a un tamaño inadecuado de la cuadrilla (Serpell, 1986).

Pega de bloques

Los bloques utilizados en ambos sistemas de mampostería corresponden a bloques de concreto clase A, los utilizados en el sistema de mampostería modular se pueden observar en la figura 3 mientras que los utilizados en el sistema tradicional se aprecian en la figura 10, las características de ambos tipos de bloques de concreto se pueden encontrar en la sección de "Marco teórico".

Para la vivienda desarrolladas en el sistema modular se requerían colocar 113,82 m^2 de pared en el primer nivel y de 142,68 m^2 en el segundo nivel, para un total de 256,50 m^2 de pared colocada utilizando bloques modulares, mientras que para el sistema de mampostería tradicional se requería colocar 145,62 m^2 de pared en un solo nivel.

Al evaluar esta actividad para ambos sistemas de mampostería y obtenerse los datos de productividad y rendimientos, está incluido en dichos resultados las actividades de relleno de celdas, de sisado y de colocación de ganchos entre hiladas de las columnas integradas (estas dos últimas para el caso del sistema de mampostería modular Armabloque).

La decisión de incluir estas actividades dentro de la productividad y los rendimientos obtenidos se debe a la metodología en la que fueron evaluadas las actividades (tal y como se detalló en la sección de metodología).

Además de que los encargados del relleno de celdas era los ayudantes de la cuadrilla, los cuáles se encontraban en constante desplazamiento debido a que el mismo ayudante atendía a más de una cuadrilla a la vez ubicadas en las diferentes viviendas que se estaban construyendo, esto sumado a la metodología utilizada (toma de videos, debido a que se procuró mantener la distancia y evitar aglomeramientos por el COVID-19) hacía imposible seguir el ritmo al ayudante y si este era evaluado solo, no se llegaba a la cantidad de observaciones requeridas para obtener el índice de confiabilidad deseado en este proyecto.

Una vez aclarado esto, ser observa que para el sistema de mampostería modular Armabloque se realizó un análisis de datos de productividad de la cuadrilla con y sin ayudante (ver figuras 24 y 25), el motivo de esto se debe a que si se incluía el ayudante dentro del análisis de resultados el porcentaje de trabajo productivo disminuye y aumenta en del trabajo no productivo.

Este incremento en el porcentaje de trabajo no productivo se debe a lo anteriormente explicado (ayudante atendía varias cuadrillas a la vez) haciendo que para la cuadrilla auditada ese trabajador se encontrara ausente (ver figura 26, trabajador 3). Lo que ocasiona entonces que además de que baje la productividad, baja también el rendimiento de la actividad y para el cálculo de este se obtendría un dato erróneo, ya que quienes pegaban bloques eran los trabajadores 1 y 2 (ver figura 26).

Para el caso del sistema de mampostería tradicional también se excluyó al ayudante por las mismas razones explicadas para el sistema de mampostería modular.

Al comparar la productividad entre ambos sistemas (ver figuras 25 y 45) se observa que el sistema tradicional tiene una mejor productividad y que además los datos obtenidos se acercan más a los valores de productividad óptimos de Serpell (2002). Además de que existe un mejor rendimiento al requerir menos horas hombre por m^2 colocado.

Sin embargo, esta rapidez de la cuadrilla del sistema de mampostería tradicional ocasionó que se presentaran una gran cantidad de problemas de calidad, para ver estos problemas de calidad refiérase a la sección "Resultados", subsección "Listado de problemas de calidad detectados" para el "Sistema de mampostería tradicional", incisos "b", "d", "e", "f" & "g".

El bajo rendimiento del sistema de mampostería modular se debe a que en el proyecto desarrollado por Armabloque existían estándares de calidad muy elevados, en el cuál Grupo ZEN (contratista de Armabloque) y Fénix Soluciones (encargados de los acabados de las viviendas) estaban en constante auditoria y como menciona Serpell (1986), estas exigencias de control de calidad empobrecen el desempeño de las cuadrillas, al ser interrumpidos o designar trabajadores para realizar retrabajos.

Colocación de viguetas

El modelo de vivienda desarrollado para el sistema de mampostería modular Armabloque, consistía en una vivienda de 2 niveles, como parte de la estructura de entrepisos se encontraba la actividad de colocación de viguetas, esta actividad solo fue evaluada para dicho sistema y no para el sistema de mampostería tradicional ya que la vivienda desarrollada en este último era de un solo nivel.

Dicho lo anterior, la comparación de esta actividad se hará únicamente contra los valores teóricos de productividad.

En la figura 27 se observan los resultados de productividad para la colocación de viguetas de entrepiso, los cuáles no se acercan a los valores óptimos de (Serpell, 2002).

Existe una gran cantidad de tareas no productivas las cuáles se muestra en la figura 28 que provocan una disminución del rendimiento obtenido.

El sistema de entrepiso utilizado en las viviendas consiste en un sistema de entrepiso liviano con viguetas armadas de concreto con bloques de estereofon, las viguetas tienen una longitud que van desde los 2,75 m hasta los 3,20 m, la colocación de los bloques de estereofon también está incluida dentro del rendimiento obtenido. Dichas viguetas se muestran en la siguiente figura.

Figura 815. Colocación de viguetas de entrepiso.

Al consultar investigaciones acerca de rendimientos de colocación de sistemas de entrepisos, se encontraron condiciones de trabajo muy diferentes, como la unidad de medida en la que fueron evaluados (unidad completa de entrepiso, en la que no se especifica las dimensiones del mismo), sistemas de entrepiso con capacidades estructurales diferentes ya que correspondían a sistemas de entrepiso para edificios de más de 3 niveles, por lo que no se considera como un parámetro valido para realizar dicha comparación.

Repellos

La actividad de repellos para ambos sistemas constructivos es la actividad en la que ambos sistemas mampostería mostraron la mejor productividad (ver figuras 29 y 53), superando en trabajo productivo al valor de productividad óptimo (60%) de la figura 1.

En la tabla 17 y 28, se tienen los valores de rendimientos para la actividad de repellos, en la que se observa que la cuadrilla del sistema de mampostería tradicional tiene un rendimiento ligeramente mejor, al necesitar una menor cantidad de horas hombre por m^2 de pared repellada.

Este rendimiento ligeramente mejor para el sistema de mampostería tradicional, comparado contra el sistema de mampostería modular, se debe a que la cuadrilla del sistema tradicional no utilizaba “líneas maestras” para realizar el repello de muros y lograr el grosor de repellos recomendado de entre 1 cm y 1,5 cm, como se indicó en el inciso “i” de la “Lista de problemas de calidad detectados” para el sistema de mampostería tradicional (ver lista en sección de Resultados).

Encofrado

Esta actividad posee una característica muy particular para el sistema de mampostería modular Armabloque y se debe a que debido al volumen de trabajo a realizar (encofrar y desencofrar) gran cantidad de elementos para varias viviendas a la vez, Armabloque Sistemas Constructivos, subcontrató las formaletas para poder realizar estas actividades, caso contrario al sistema de mampostería tradicional implementado por Grupo Pire, ya que el volumen de trabajo era menor, los trabajadores fabricaban las formaletas y todas era desechadas una vez que la obra finalizaba.

Las siguientes figuras muestran el sistema de encofrado utilizado.

Figura 826. Sistema de encofrado utilizado en el sistema de mampostería modular Armabloque.

Figura 837. Encofrado utilizado en el sistema de mampostería tradicional.

En las figuras 31 y 47 se observa la productividad para ambos sistemas de mampostería, ninguno alcanza los valores de productividad óptimos de la figura 1.

Hay un gran porcentaje de trabajo no productivo para esta actividad en el sistema tradicional, pero esto no se debe al hecho de fabricar las formaletas en sitio, sino a la ausencia, traslados y esperas de miembros de la cuadrilla al momento de ser evaluada (ver figura 48).

Desencofrado

Esta actividad para ambos sistemas de mampostería suele tener un mejor rendimiento que la actividad de encofrado, (ver tablas 17 y 28), ambos sistemas presentan valores de rendimientos muy similares.

A pesar de esto, como se aprecia en las figuras 33 y 51, los porcentajes de productividad no son lo esperado a los valores óptimos, el motivo de esto se debe a los tiempos de inactividad o ejecución de tareas no productivas que se observa en las figuras 34 y 52.

Programación de la obra

Una vez obtenidos los rendimientos para ambos sistemas de mampostería y cuantificado el volumen de trabajo a realizar, según los planos taller entregados por Armabloque Sistemas de Construcción y Grupo Pirie, se calculó el tiempo estimado de ejecución de las actividades tal y como se detalló en la sección de metodología y como se muestra en los apéndices 1 y 2.

Para este análisis es importante recordarle el lector que la vivienda desarrollada en el sistema de mampostería modular Armabloque es una vivienda unifamiliar de 2 niveles con una huella de la obra de 77,22 m^2, mientras que la desarrollada en el sistema de mampostería tradicional por Grupo Pirie es una vivienda unifamiliar de un solo nivel de 69,43 m^2.

Por lo que para poder realizar este análisis y comparar ambas viviendas se va a considerar que al llegar al nivel de entrepisos se tiene una vivienda unifamiliar de un nivel terminada para el sistema de mampostería modular Armabloque.

Según Armabloque Sistemas de Construcción (2020), existe una rapidez en el armado del sistema reduciéndose los plazos de entrega, se observa que para este sistema el primer nivel está terminado en un plazo de 4 semanas, mientras que la vivienda construida con el sistema de mampostería tradicional también se desarrolló en 4 semanas.

Aunque la vivienda desarrollada por Armabloque es ligeramente más grande en el primer nivel (7,8m^2 de diferencia), independientemente del sistema de mampostería utilizada no existe una diferencia significativa en cuanto a plazos.

Nótese además en el apéndice 1, que la actividad más crítica (excluyendo los tiempos de fraguado y endurecimiento, ya que estas duraciones no provienen de rendimientos) para el sistema de mampostería modular corresponde a la "colocación de acero de vigas", mientras que para el sistema de mampostería tradicional (ver apéndice 2) dicha actividad corresponde a la "pega de bloques", que a pesar de tener un mejor rendimiento que el sistema modular, el tamaño de la cuadrilla era de tan solo 2 trabajadores contra los 6 que Armabloque contrata por vivienda para dicha actividad.

Costos

Los costos que se calcularon para ambos proyectos de viviendas con su respectivo sistema de mampostería utilizado corresponden al costo de los materiales de obra gris, se considera como obra gris para ambos proyectos, los materiales cementicios como lo son bloques de concreto, mortero de pega, mortero de repello, concreto premezclado y hecho en sitio, concreto de relleno de celdas y acero, no se tomó en cuenta la estructura de techos ni instalaciones electromecánicas.

Esto se debe a que el proyecto desarrollado por Armabloque Sistemas de Construcción consistía en un subcontrato por parte de Grupo Zen en el cual Armabloque se encargaría de la construcción de las viviendas en obra gris con los materiales que se mencionaron anteriormente y otra empresa (la cual no participa en este proyecto de graduación) se encargaría de las instalaciones electromecánicas y una tercera empresa de los acabados.

Por lo que para evaluar los proyectos en la mayor igualdad de condiciones posibles es que para ambas construcciones visitadas fue lo descrito anteriormente lo que se definió como obra gris para ser evaluado en este proyecto de graduación. Los costos/m^2 que se muestran a en las tablas 31 y 32 incluyen el costo de obra gris y de mano de obra directa.

Las tablas 31 y 32 muestra el costo/m^2 para el sistema de mampostería modular Armabloque el cuál fue de ₡105 427,75 y para sistema de mampostería tradicional fue de ₡98 855,36. Nótese que dicho costo es muy similar entre ambos sistemas de mampostería.

La vivienda desarrollada con el sistema de mampostería modular puede tipificarse como una vivienda tipo VC03, mientras que la vivienda desarrollada con el sistema de mampostería modular se puede clasificar como tipo VC02 según lo especificado por ARESEP (2020) en el Alcance N°198 a la Gaceta N°187.

Según esta clasificación de tipología constructiva las viviendas tipo VC02 tienen un valor de: ₡280 000/m^2 para vivienda terminada, mientras que la vivienda tipo VC03 tiene un valor de: ₡320 000/m^2 (ARESEP, 2020).

Si se toma lo indicado por el ingeniero Aaron Morales, asesor de la Cámara Costarricense de la Construcción en una entrevista realizada por Rodríguez (2014) para el diario La Nación, la obra gris representa el 40% del costo total de la vivienda.

Tomando lo anteriormente descrito, el valor de las viviendas tipo VC02 en obra gris es de: ₡112 000/m^2, mientras que las viviendas tipo VC03 tienen un valor en obra de: ₡128 000/m^2. Por lo que el costo por metro cuadrado para la vivienda desarrollada con el sistema de mampostería modular y con el sistema de mampostería tradicional es menor a lo esperado.

Es necesario indicar que los costos/m^2 que indica ARESEP (2020) toman en cuenta para la actualización de estos costos el "Índice de precios de insumos para la construcción de viviendas y edificios", el "Índice de salarios mínimos nominales para el Sector Construcción" y el "Índice de precios al consumidor", por tal motivo es que los costos/m^2 para las viviendas evaluadas en este proyecto son menores a los indicados según la clasificación de tipología constructiva.

Si desea conocer el presupuesto detallado y la cantidad de materiales utilizados para cada vivienda con su respectivo sistema de mampostería utilizado refiérase a la tabla 1 de los apéndices 3 y 4.

Costos de desperdicios

Los costos de desperdicios presentan la particularidad de que tal y como lo señala Armabloque Sistemas de Construcción (2020) hay un menor desperdicio de los materiales, como se muestra en las tablas 31 y 32, el costo de desperdicios para el sistema constructivo de mampostería modular fue de ₡722 145,74;

mientras que para para el sistema de mampostería tradicional fue de ₡635 066,98; ambos para obra gris terminada.

La diferencia de costos de desperdicios fue de apenas ₡87 078,89; nótese además que la vivienda desarrollada con el sistema constructivo de mampostería modular es el doble de m^2 de construcción, por lo que, si esta vivienda se hubiera desarrollado con el sistema tradicional, el costo de los desperdicios sería mayor.

Al haber menos cantidad de desperdicios hay un ahorro en el costo por m^2 y un menor impacto ambiental (Armabloque Sistemas de Construcción, 2020a). Esto implica que al haber menos desperdicios se hace un uso más adecuado no solo de los materiales de construcción, sino de los recursos naturales utilizados para fabricar esos materiales.

La tabla 2 de los apéndices 3 y 4, muestran a detalle la cantidad y costo de los materiales en cada uno de los elementos de la vivienda, la forma en que se cuantificaron los desperdicios se explica en la sección de metodología.

Para el sistema constructivo de mampostería tradicional no se cuantificó el desperdicio de acero, debido a que cuando al estudiante se le informó del inicio de la obra ya las armaduras de acero para los distintos elementos de la vivienda estaban terminadas. De haberse cuantificado estos desechos de acero, los costos de desperdicios en el sistema de mampostería tradicional se prevé que sean aún mayores a los indicado anteriormente.

En la tabla 2 del apéndice 3, se observa que el material que representa más costos de desperdicios para el sistema de mampostería modular es el mortero de repellos.

Mientras que en la tabla 2 del apéndice 4 se aprecia que el mortero de pega es el material más desperdiciado y que por ende más costo representa.

Problemas de calidad

Como se presentó en la sección de resultados, los sistemas de mampostería evaluados en este proyecto presentaron distintos problemas de calidad, sin embargo, la constante auditoría en el sistema de mampostería modular contribuyó a que se corrigieran algunos de estos problemas de calidad.

El inciso “a” del listado de problemas de calidad para Armabloque indica que había acero grifado en los traslapes de la armadura de losa, una revisión por parte del ingeniero estructural señaló que la relación permitida era de 6:1, por lo que fue necesario colocar bastones #4. La misma solución de colocar bastones se aplicó para resolver el problema del inciso “b”.

El problema “c” menciona que hay secciones de losa que no cumplen con el recubrimiento (ver figura 59), el Código Sísmico de Costa Rica indica en el capítulo 17, subsección 17.3 que el recubrimiento mínimo para fundaciones de casa de 2 niveles debe ser de 5cm, por lo que la solución que se le dio al problema del inciso “c” fue colocar “canastas” de acero tal y como se muestra en la siguiente figura.

Figura 848. Canasta de acero

La figura 60 muestra la colada de losa de cimentación durante clima lluvioso, además se aprecia como hay un exceso de agua en la mezcla que está siendo colocada. El concreto convencional que se utiliza en las obras de construcción tienen una relación agua/cemento que varían de 0,4 a 0,8 (Torres, 2012), esto varía en función de las propiedades de los agregados utilizados y la resistencia que se desea obtener.

El Código Sísmico de Costa Rica especifica que la resistencia mínima del concreto debe ser de f’c=210 kg/cm^2. Por lo que la relación agua/cemento aproximada para alcanzar dicha resistencia se encontraría entre 0,6 y 0,65 (Guevara Fallas et al., 2012).

La relación agua/cemento tiene una gran importancia, ya que la resistencia del concreto depende de esta relación, conforme se agrega más agua aumenta la fluidez y trabajabilidad de

la mezcla, sin embargo, comienza a disminuir la resistencia del concreto (Guevara Fallas et al., 2012).

Por lo que bajo condiciones de lluvia no se tiene un control de la cantidad de agua que está agregándose a la mezcla y por ende tampoco se tiene un control de como está variando la relación agua/cemento, según lo anteriormente explicado lo mejor es no realizar actividades de colada de concreto bajo condiciones de lluvia.

La figura 61 muestra un problema de calidad que fue muy frecuente durante las coladas de losas de cimentación, ya que el vibrador debe entrar en forma vertical o ángulo de 90° en el concreto y no como se muestra en dicha figura.

La figura 63 muestra una celda de bloque llena con concreto hasta la parte superior, durante las visitas a campo se observó que era una práctica frecuente y se incluye dentro de la lista de problemas de calidad, ya que el Instituto Costarricense del Cemento y el Concreto (2007) recomienda que se suspenda el colada de las celdas 5 cm por debajo de último bloque para que forme una llave de cortante con el concreto de la nueva alzada de bloques.

Para el sistema de mampostería tradicional se presentaron problemas de calidad que no pudieron ser corregidos debido a que no había supervisión por parte del profesional encargado de la obra.

La figura 64 muestra que muchas secciones de la armadura de cimentación no tienen colocado “separadores de concreto” que garanticen el recubrimiento mínimo que especifica el Código Sísmico de Costa Rica.

El mortero utilizado para la pega de bloques era de muy baja calidad, en la figura 65, se aprecia como el mortero ya está deslizándose por la cuchara con solo una leve inclinación y no pasa la prueba de la cuchara que recomienda ICCYC (2007) en el Manual de Construcción con Bloques de concreto, el mortero al realizar la prueba de la cuchara debe tener el mismo comportamiento al mortero mostrado en la figura 11.

Al no contarse con el equipo adecuado para que los trabajadores cortaran los bloques de concreto, esto derivo a otros problemas de calidad como bloques mal colocados, sisas de diferentes tamaños, bloques sin el alineamiento horizontal correcto (ver figuras 67-70).

Por último, se observó que en varios elementos de vigas al momento de desencofrar había acero expuesto (ver figura 71), esto se debe a que no se colocaron “separadores” para cumplir con el recubrimiento y no hubo una revisión de la armadura antes de colocar el concreto en dichos elementos.

El Código Sísmico de Costa Rica indica que en muros de mampostería confinada una de las características de los elementos de confinamiento es que el recubrimiento mínimo medido al borde exterior de los aros es de 2,5cm. Por lo que es importante que para futuros proyectos que Grupo Pirie desarrolle con el sistema de mampostería tradicional corrija estos problemas de calidad detectados.

Para conocer las causas de los problemas de calidad detectados y analizados en este proyecto, refiérase a las figuras 72 y 73 en la sección de “Resultados”.

Se presenta a continuación una tabla resumen con los criterios de comparación que sirvieron para realizar este análisis, además facilita al lector visualizar y tener una idea más clara acerca de la comparación realizada entre ambos sistemas de mampostería en este proyecto.

Tabla 33. Resumen de criterios de comparación entre el sistema de mampostería modular Armabloque contra el sistema de mampostería tradicional.

					Sistema de mampostería					
		Parámetros teóricos			Modular Armabloque			Tradicional		
	Criterio comparativo	%TP	%TC	%TNP	%TP	%TC	%TNP	%TP	%TC	%TNP
Productividad	Excavación de zanja	60	25	15	25,48	17,14	57,38	48,07	5,67	46,26
	Armado de acero				42,23	9,33	48,45	61,25	5	33,75
	Colocación de acero				67,28	15,9	16,82	41,46	22,08	36,46
	Colada de losa descarga directa				36,1	0,26	63,64			
	Colada de losa con bomba				40,32	7,08	52,6	36,03	1,86	62,11
	Colada concreto hecho en sitio							29,95	11,71	58,33
	Colocación de codales				22,99	24,07	52,93	27,25	23,25	49,5
	Pega de bloques				48,25	19,25	32,5	58,44	19,48	22,08
	Colocación de viguetas				27,94	15,93	56,13			
	Repellos				72,35	5,53	22,12	70,75	15,75	13,5
	Encofrado				23,75	36,88	39,38	36,27	11,4	52,33
	Desencofrado				40,31	15,56	44,13	49,03	4,35	46,62
	Promedio	**60**	**25**	**15**	**40,64**	**15,18**	**44,19**	**45,85**	**12,06**	**42,09**

	Comparación	Sistema Modular Armabloque	Sistema mampostería tradicional
Costos	Materiales	₡ 12 210 578,20	₡ 5 658 162,36
	Costos materiales/m^2	₡ 87 896,47	₡ 81 494,49
	Mano de obra directa	₡ 1 713 299,90	₡ 570 298,51
	Costo MO/m^2	₡ 12 332,99	₡ 8 214,00
	Desperdicios	₡ 722 145,74	₡ 635 066,98
	Costo desperdicios/m^2	₡ 5 198, 28	₡ 9 146,87
	Total	₡ 14 646 023,84	₡ 6 863 527,85
	Costo/m2	₡ 105 427,76	₡ 98 855,36
	Costo/m2 Teórico	₡ 128 000,00	₡ 112 000,00

Área de construcción (m^2)	138,92	69,43
Plazo de ejecución	8 semanas	4 semanas
Problemas de calidad detectados	7	9
Problemas corregidos	4	0

Conclusiones

- En este proyecto se realizó un análisis comparativo entre el sistema constructivo de mampostería modular Armabloque con el sistema constructivo de mampostería tradicional el cual permite conocer cuáles son las diferencias en plazo, costo, mano de obra y calidad.
- Se realizó el cálculo de rendimientos que permitieron obtener duraciones de las actividades, así se desarrolló la programación del modelo de vivienda construido con el sistema de mampostería modular Armabloque y el modelo de vivienda construido con el sistema de mampostería tradicional con el cual se obtuvo el plazo estimado de ejecución de las obras.
- En este proyecto se desarrolló el cronograma y presupuesto real de los proyectos con su respectivo sistema de mampostería utilizado, para la identificación de las actividades con mayor variación en plazo, costos de materiales colocado, de materiales de desperdicio y mano de obra directa, esto permitió determinar que la diferencia principal entre ambos sistemas de mampostería se encuentra en la cantidad y costo de los desperdicios.
- Se identifico para cada sistema constructivo los problemas de calidad que se presentaron al evaluar cada modelo de vivienda, así como sus posibles causas y efectos con el fin de que para futuros proyectos que se ejecuten con estos sistemas de mampostería estos problemas puedan ser corregidos.
- Se elaboro un modelo de programación, presupuestación, control de calidad y cálculo de rendimientos a partir de la información y datos obtenidos que permitirá a las empresas involucradas en este proyecto, tomar estos modelos e implementarlos en futuras obra que ejecuten.
- Los factores como una buena organización y procedimientos estandarizados que tengan las empresas en sus procesos constructivos mejoran la productividad y el rendimiento de las cuadrillas, lo que permite tener plazos de ejecución más cortos y menor costo de mano de obra directa y materiales de desperdicio.
- En este proyecto se identificaron las actividades en las que hay un tamaño inadecuado de las cuadrillas, lo que permite para futuros proyectos que las empresas involucradas en este proyecto hagan un mejor manejo del recurso humano.
- Excluyendo las actividades que no se determinaron a partir de rendimientos como lo son “Fraguado y endurecimiento” y los tiempos de curado, la actividad crítica en el sistema de mampostería modular fue la “colocación de acero de vigas”, mientras que para el sistema de mampostería tradicional fue “pega de bloques”, esto no está relacionado directamente a los rendimientos, sino a la cantidad de trabajadores de las cuadrillas, 2 colaboradores en ambos casos.
- Se pudo observó que la eficacia y eficiencia de las cuadrillas se ve afectada cuando no hay una buena coordinación de las cuadrillas en el mismo espacio de trabajo, esto se dejo en evidencia en la actividad de colocación de codales del sistema de mampostería modular en la

cual las cuadrilla que se encontraba transportando materiales interfirió contantemente con la que colocaba codales provocando que la productividad bajara hasta el 22% siendo esta la actividad menos productividad de todas las evaluadas.

- Es claro que la capacitación o experiencia de los trabajadores puede definir si la cuadrilla es más productiva o no, esto se puede apreciar cuando se compara la actividad de pega de bloques en la que la cuadrilla del sistema tradicional fue más productividad con un 58% a pesar de que se realizaba la modulación en campo.
- Puede proyectarse que construir la misma vivienda con ambos sistemas de mampostería, el sistema de mampostería tradicional tendrá los mayores costos de desperdicio, ya que la vivienda construida con este último sistema tuvo una diferencia porcentual de 12% de costos de desperdicio al compararlo contra los costos de desperdicio del sistema modular.
- Se determinó que un mejor rendimiento no implica un plazo de entrega más rápido, sino que es importante hacer un buen manejo de la cuadrilla y la composición de la misma ya que tal y como sucedió en la actividad de pega de bloques el sistema de mampostería tradicional tuvo un mejor rendimiento (0,497 hh/m^2 contra los 0,761 hh/m^2 del sistema modular), más no así un periodo de ejecución menor 2,5 días contra 1,47 días.
- Un manejo inadecuado de los materiales de construcción puede incrementar altamente los costos de los desperdicios esto se ve reflejado en materiales como mortero de pega del sistema tradicional y mortero de repellos del sistema modular, donde los costos de estos materiales correspondieron a un 39% y 40% del costo total de desperdicios respectivamente.
- Como ocurrió en el sistema de mampostería modular Armabloque, las constantes auditorias permitieron corregir problemas de calidad detectados en la obra, sin embargo, las exigencias excesivas de control de calidad es uno de los factores que provocó una disminución promedio de hasta el 20% en la productividad de las cuadrillas de Armabloque Sistemas de Construcción

Recomendaciones

- Realizar tablas que permitan una supervisión de control de calidad para identificar los problemas de calidad en obra, ya que en el sistema de mampostería tradicional hubo ausencia de supervisión.
- Se recomienda la medición de desperdicios de acero que se originan en el taller de pre armado del sistema de mampostería modular, ya que estos no pudieron ser medidos en dicho taller.
- Se recomienda realizar un estudio acerca de cuáles son los valores de productividad óptimos para cada actividad que se ejecute en la construcción con el sistema de mampostería modular Armabloque y tradicional, esto debido a que como se evidencio en este proyecto la productividad de las actividades no alcanzan dichos valores de productividad óptimos.
- Se recomienda evaluar cada una de las actividades bajo distintas condiciones de trabajo como clima, topografía, equipo disponible, entre otros.
- Es recomendable investigar si las empresas constructoras aplican técnicas o incentivos para aumentar o mantener la productividad, esto con el fin de incrementar la productividad de sus trabajadores durante los procesos constructivos.
- Se recomienda que no se realice coladas de concreto en clima lluvioso, ya que como según se explicó en el análisis de resultados, se altera la relación a/c y por ende la resistencia del concreto.
- Es recomendable que para actividades como “Excavación de zanja” y “Colada de losa de cimentación” se asigne entre 3 a 4 trabajadores máximo para evitar los aglomeramientos y bajar la productividad.
- Se recomienda usar mortero de pega premezclado y no que el mortero de pega hecho en sitio ya que este requiere gran habilidad del trabajador para que el mortero tenga la trabajabilidad adecuado y pase la “prueba de la cuchara”.
- Es necesario que el relleno de celdas se realice 5 cm por debajo del último bloque, para que forme una llave cortante con el nuevo concreto de la alzada de bloques siguiente.
- Realizar una supervisión constante de las actividades del proceso constructivo para evitar problemas de calidad en la obra, pero de manera que esta supervisión no afecte la productividad de los trabajadores, para ello podrían programarse inspecciones semanales o con la frecuencia que se considere pertinente para detectar los problemas de calidad y corregirlos.
- Los rendimientos obtenidos en este proyecto se obtuvieron de muestreos de campo aleatorios, por lo que pueden variar según las condiciones del clima, experiencia de los trabajadores, hora del día y equipo de trabajo, dicho lo anterior, los tiempos de trabajo que resulten del uso de los rendimientos mostrados en este proyecto sirven como una estimación para futuros proyectos que tengan un alcance similar.

Apéndices

Se enumera a continuación los apéndices que se adjuntan con este documento.

- **Apéndice 1:** Programación sistema modular Armabloque.
- **Apéndice 2:** Programación sistema tradicional
- **Apéndice 3:** Presupuesto sistema mampostería modular Armabloque
- **Apéndice 4:** Presupuesto sistema mampostería tradicional

Anexos

Se presenta a continuación el material adjuntado como anexos que se utilizó en el desarrollo de este proyecto.

- Anexo 1: Planos Escazú Urbano. Fuente: Armabloque Sistemas de Construcción.
- Anexo 2: Planos Sistema mampostería tradicional. Fuente: Grupo Pirie.

Referencias

ARESEP. (2020). Alcance Nº 198 a La Gaceta Nº 187. *La Gaceta*, *29*, 6–21. https://www.imprentanacional.go.cr/pub/2020/07/30/ALCA198_30_07_2020.pdf

Armabloque Sistemas de Construcción. (2020a). *Construcción tradicional vs modular*. https://www.armabloque.com/construccion-tradicional-vs-modular/

Armabloque Sistemas de Construcción. (2020b). *Ficha técnica bloque AB30*. https://www.armabloque.com/wp-content/uploads/2019/05/FICHA-BLOQUE-30-AB.pdf

Bastar Gómez, S. (2014). Metodología De La Investigación. In *Metallurgia Italiana: Vol. 6ta edició* (Issue 1). http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/Axiologicas/Metodologia_de_la_investigacion.pdf

Botero, L., & Álvarez, M. (2012). Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda (Lean construction como estrategia de mejoramiento). *Revista Universidad EAFIT*, *40*(136), 50–64.

Brenes Serrano, J. O. (2014). *Análisis de rendimientos y productividad de mano de obra para la empresa La Puerta del Sol Equipo Constructor S.A* [Tecnológico de Costa Rica]. http://hdl.handle.net/2238/6728

Cantu, A., Lopez, M., & Perione, P. (2018). *Análisis De Los Factores Que Afectan La Productividad De Obras Civiles*. https://itp.bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/10948/cantut09.pdf

Causas, D. (2005). Definición de las variables , enfoque y tipo de investigación. *Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)*, 1–11. http://www.mecanicahn.com/personal/marcosmartinez/seminario1/los_pdf/l-Variables.pdf

Cheesman, S. (2010). *Conceptos básicos en investigación*. https://investigar1.files.wordpress.com/2010/05/conceptos.pdf

Colegio Federeado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica. (2010). *Código Sísmico de Costa Rica CR-2010* (Cuarta). Editorial Tecnológica de Costa Rica.

Fernández, A. P., & Díaz, P. (2003). La investigación cualitativa y la investigación cuantitativa. *Investigación Educativa*, *7*(11), 72–91.

Fuentelsaz Gallego, C. (2012). Cálculo del Tamaño de muestra(n). *Matronas Profesión*, *5*(18), 5–13. http://www.federacion-matronas.org/wp-content/uploads/2018/01/vol5n18pag5-13.pdf

Guevara Fallas, G., Hidalgo Madrigal, C., Pizarro García, M., Rodríguez Valenciano, I., Rojas Vega, L. D., & Segura Guzmán, G. (2012). Efecto de la variación agua/cemento en el concreto. *Revista Tecnología En Marcha*, *25*(2), 80. https://doi.org/10.18845/tm.v25i2.1632

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación. In 6(*עלון הנוטע*th ed., Vol. 66). Mc Graw Hill Education. https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf

Instituto Costarricense del Cemento y el Concreto. (2007). *Manual de construcción con bloques de concreto*. https://www.iccyc.com/sites/default/files/Publicaciones/manualbloquesconcreto.pdf

Leando Hernández, A. G. (2018). *Manual de buenas prácticas para incrementar la productividad en procesos de construcción*. https://revistaconstruir.com/wp-content/uploads/2018/12/manual-de-buenas-prácticas.pdf

Ludwig, U. (1972). Sobre el fraguado y endurecimiento de cementos. *Materiales de Construcción*, *22*(148), 57–70. https://doi.org/10.3989/mc.1972.v22.i148.1411

Maranto Rivera, M., & González Fernández, M. (2015). *Fuentes de Información*. 1–17. https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/16700/LECT132.pdf

Martínez, C. Q. (2012). *Análisis comparativo de*

residuos de construcción generados en un mismo modelo de vivienda con sistema tradicional vs . diseño modular [Tecnológico de Costa Rica]. https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/6189

Ministerio de Trabajo. (2019). *Salarios Mínimos para el Sector Privado Año 2020*. http://www.mtss.go.cr/temas-laborales/salarios/Documentos-Salarios/lista_salarios_2020.pdf

Montiel, A. (2016). *Análisis de productividad en procesos de armadura en el proyecto The IVY de la empresa Edica Ltda*. https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6727/analisis_productividad_procesos_armadura_proyecto_the_ivy.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Morales, I. (2014). Serie Técnicas de Resolución de Problemas : " Los 5 Por Qué ´ s ." In *5 Consultores*. http://www.5consultores.com/wp-content/uploads/2014/06/WP-Técnicas-Resolución-de-Problemas-5-Por-Qué.pdf

Neira, K. (2009). *Mejoramiento del proceso del área comercial Mujer en Mavesa LTDA* [Universidad de Chile]. http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2009/cf-neira_ku/pdfAmont/cf-neira_ku.pdf

Pedregal. (2020). *Bloque N-12*. http://pedregal.co.cr/web/?p=313

Rodríguez, Ó. (2014, January 18). *Cemento y concreto elevan costo de construir*. https://www.nacion.com/economia/consumo/cemento-y-concreto-elevan-costo-de-construir/EWVKNVSLFNB5ZJXV5NJ5L7MPDQ/story/

Rojas Calderón, A. (2012). *Desarrollo de una metodología para el seguimiento y control de las actividades de extracción y colocación de materiales de préstamo en un tramo del proyecto Nueva Carretera a San Carlos " Dedicatoria* [Tecnológico de Costa Rica]. https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6097/Metodología_Seguimiento_Control_Actividades_Extracción_Colocación_Materiales_Préstamo_Tramo_Proyecto_Nueva_Carretera_San_Carlos.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Schmidt Fonseca, I. (2012). *Sujetos y fuentes de información*. https://www.eumed.net/libros-gratis/2012b/1204/sujetos.html

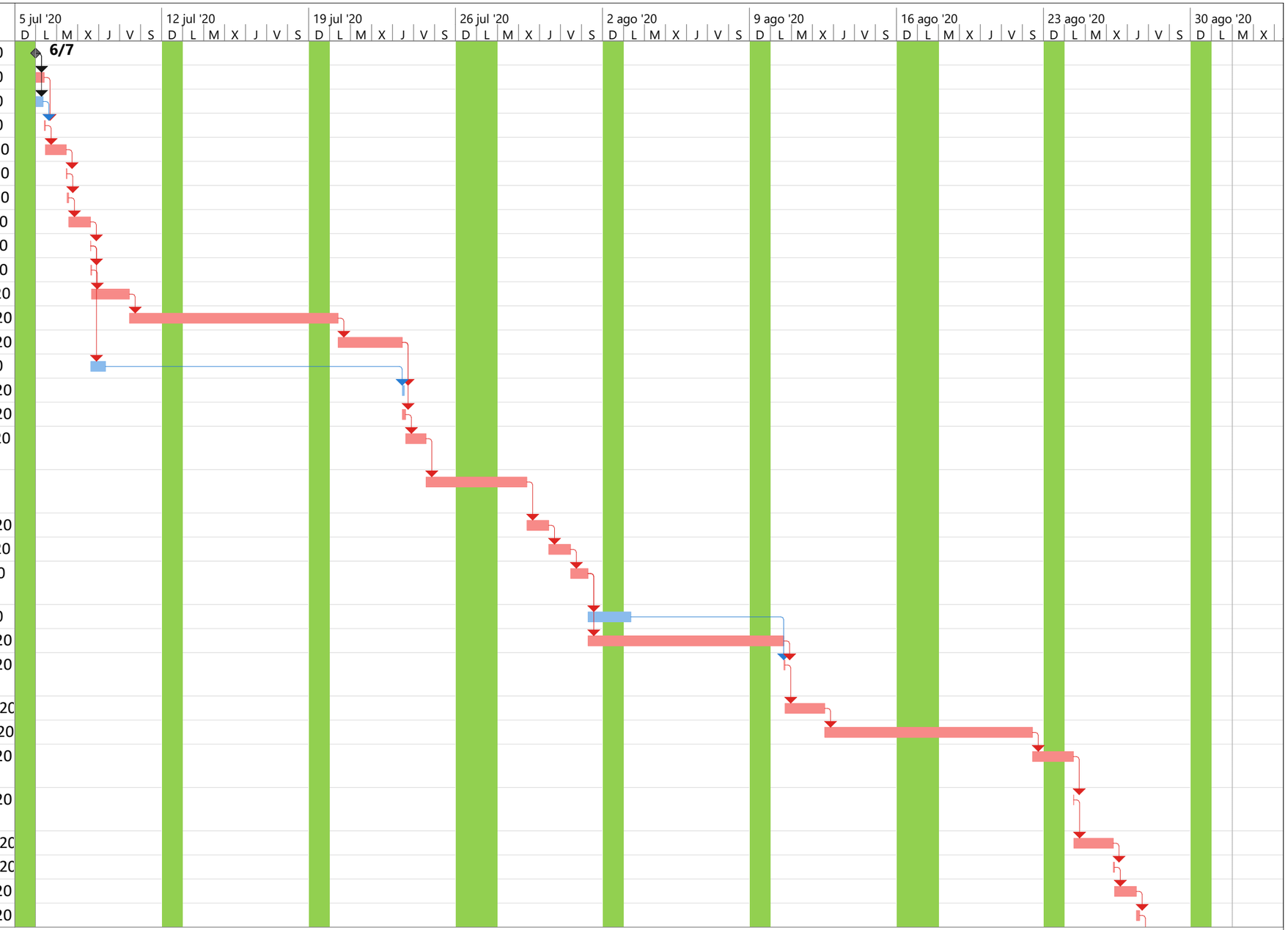
Serpell, A. (1986). Productividad en la construcción. In *Revista Ingeniería de Construcción* (Vol. 1, pp. 53–59).

Serpell, A. (2002). *Administración de operadores de construcción* (2nd ed.). Alfaomega.

Thomas, H. R., & Daily, J. (1983). Crew performance measurement via activity sampling. *Journal of Construction Engineering and Management*, *109*(3), 309–320. https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(1983)109:3(309)

Torres, G. (2012). Concreto hidráulico: Usos y aplicaciones. In *Universidad de Costa Rica. Escuela de Igeniería Civil*. http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/4295/1/34247.pdf

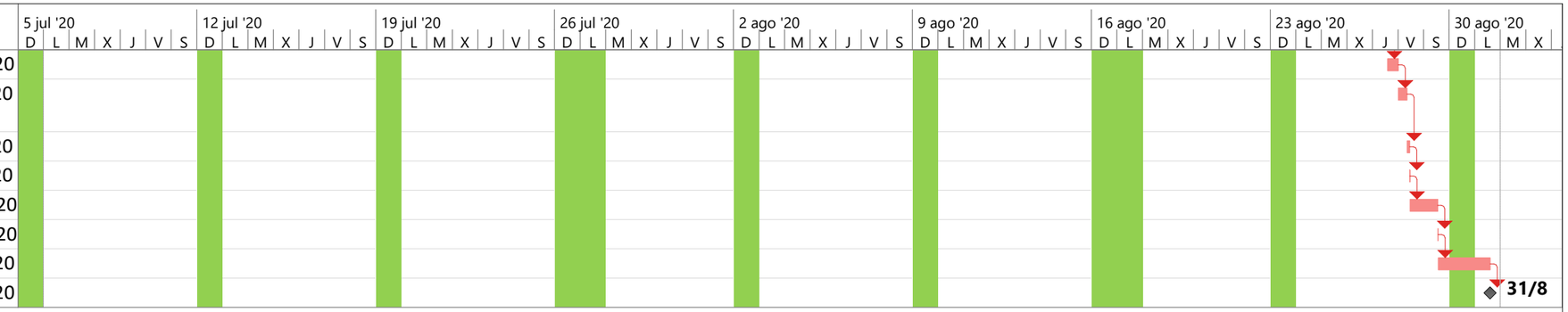
Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1	Inicio	0 días	lun 6/7/20	lun 6/7/20
2	Excavación para losa	0,28 días	lun 6/7/20	lun 6/7/20
3	Armado de acero losa	0,14 días	lun 6/7/20	lun 6/7/20
4	Colocación de acero losa	0,13 días	lun 6/7/20	lun 6/7/20
5	Colocación de acero muros	0,88 días	lun 6/7/20	mar 7/7/20
6	Encofrado	1 hora	mar 7/7/20	mar 7/7/20
7	Colada de losa fundación	0,9 horas	mar 7/7/20	mar 7/7/20
8	Fraguado y endurecimiento	1 día	mar 7/7/20	mié 8/7/20
9	Desencofrado	0,2 horas	mié 8/7/20	mié 8/7/20
10	Colocación de codales	0,75 horas	mié 8/7/20	mié 8/7/20
11	Pega de bloques 1er nivel	1,41 días	mié 8/7/20	vie 10/7/20
12	Curado de muros 1er nivel	7 días	vie 10/7/20	lun 20/7/20
13	Colocación de acero de vigas	2,84 días	lun 20/7/20	jue 23/7/20
14	Colocación de acero columna	0,25 días	mié 8/7/20	jue 9/7/20
15	Colocación de acero losa L-1	0,15 días	jue 23/7/20	jue 23/7/20
16	Colocación de viguetas	0,3 días	jue 23/7/20	jue 23/7/20
17	Colocación de acero muros 2do nivel	0,82 días	jue 23/7/20	vie 24/7/20
18	Encofrado de entrepiso y columnas	2,3 días	vie 24/7/20	mié 29/7/20
19	Colada de entrepiso y column	1 día	mié 29/7/2(	jue 30/7/20
20	Fraguado y endurecimiento	1 día	jue 30/7/20	vie 31/7/20
21	Desencofrado de entrepiso y columnas	0,45 días	vie 31/7/20	sáb 1/8/20
22	Repellos 1er nivel	1,02 días	sáb 1/8/20	lun 3/8/20
23	Curado de entrepiso	7 días	sáb 1/8/20	lun 10/8/20
24	Colocación de codales 2do nivel	0,12 días	lun 10/8/20	lun 10/8/20
25	Pega de bloques 2do nivel	1,53 días	lun 10/8/20	mié 12/8/2(
26	Curado muros 2do nivel	7 días	mié 12/8/2(	sáb 22/8/20
27	Colocación de acero viga corona	0,77 días	sáb 22/8/20	lun 24/8/20
28	Colocación de acero vertical tapichel	0,27 horas	lun 24/8/20	lun 24/8/20
29	Encofrado de vigas corona	1,5 días	lun 24/8/20	mié 26/8/2(
30	Colada de vigas corona	0,15 días	mié 26/8/2(	mié 26/8/2(
31	Fraguado y endurecimiento	1 día	mié 26/8/2(	jue 27/8/20
32	Desencofrado de vigas coron	0,3 días	jue 27/8/20	jue 27/8/20



Proyecto: Programación ARMA
Fecha: jue 17/12/20

Tarea		Tarea inactiva		Informe de resumen manual		Hito externo		Progreso manual	
División		Hito inactivo		Resumen manual		Fecha límite			
Hito		Resumen inactivo		solo el comienzo		Tareas críticas			
Resumen		Tarea manual		solo fin		División crítica			
Resumen del proyecto		solo duración		Tareas externas		Progreso			

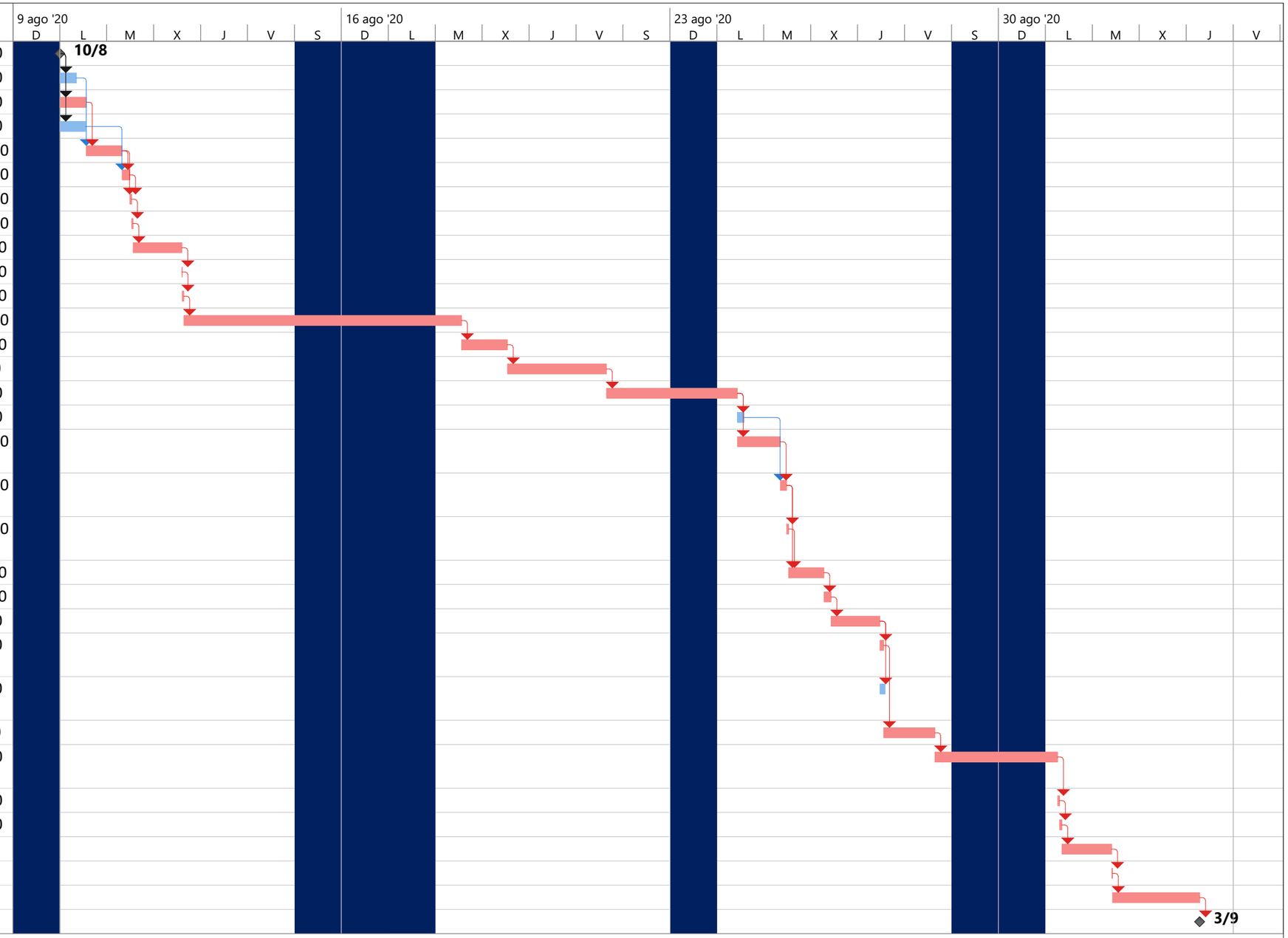
Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
33	Pega de bloques tapichel	0,26 días	jue 27/8/20	jue 27/8/20
34	Colocación de acero viga tapichel	0,15 días	vie 28/8/20	vie 28/8/20
35	Encofrado viga tapichel	0,25 días	vie 28/8/20	vie 28/8/20
36	Colada de vigas tapichel	0,25 horas	vie 28/8/20	vie 28/8/20
37	Fraguado y endurecimiento	1 día	vie 28/8/20	sáb 29/8/20
38	Desencofrado	0,45 horas	sáb 29/8/20	sáb 29/8/20
39	Repellos 2do nivel	0,99 días	sáb 29/8/20	lun 31/8/20
40	Fin	0 días	lun 31/8/20	lun 31/8/20



Proyecto: Programación ARMA
Fecha: jue 17/12/20

Tarea		Tarea inactiva		Informe de resumen manual		Hito externo		Progreso manual	
División		Hito inactivo		Resumen manual		Fecha límite			
Hito		Resumen inactivo		solo el comienzo		Tareas críticas			
Resumen		Tarea manual		solo fin		División crítica			
Resumen del proyecto		solo duración		Tareas externas		Progreso			

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1	Inicio	0 días	lun 10/8/20	lun 10/8/20
2	Zanjeo	0,24 días	lun 10/8/20	lun 10/8/20
3	Confección de acero losa	0,66 días	lun 10/8/20	lun 10/8/20
4	Confección de acero murc	0,61 días	lun 10/8/20	lun 10/8/20
5	Colocación de acero losa	0,42 días	lun 10/8/20	mar 11/8/20
6	Colocación de acero murc	0,34 días	mar 11/8/20	mar 11/8/20
7	Encofrado	0,42 horas	mar 11/8/20	mar 11/8/20
8	Colada de losa de fundaci	0,77 horas	mar 11/8/20	mar 11/8/20
9	Fraguado y endurecimient	1 día	mar 11/8/20	mié 12/8/20
10	Desencofrado	0,14 horas	mié 12/8/20	mié 12/8/20
11	Colocación de codales	0,83 horas	mié 12/8/20	mié 12/8/20
12	Pega de bloques	2,5 días	mié 12/8/20	mar 18/8/20
13	Encofrado columnas	0,85 días	mar 18/8/20	mié 19/8/20
14	Colada de columnas	2,06 días	mié 19/8/20	vie 21/8/20
15	Fraguado y endurecimient	1 día	vie 21/8/20	lun 24/8/20
16	Desencofrado de columna	0,29 días	lun 24/8/20	lun 24/8/20
17	Confección de acero vigas corona	0,74 días	lun 24/8/20	mar 25/8/20
18	Colocación de acero vigas corona	0,28 días	mar 25/8/20	mar 25/8/20
19	Colocación de acero vertical tapichel	0,49 horas	mar 25/8/20	mar 25/8/20
20	Encofrado de vigas corona	0,4 días	mar 25/8/20	mié 26/8/20
21	Colada de vigas corona	0,32 días	mié 26/8/20	mié 26/8/20
22	Fraguado y endurecimient	1 día	mié 26/8/20	jue 27/8/20
23	Desencofrado de vigas corona	0,14 días	jue 27/8/20	jue 27/8/20
24	Confección acero vigas tapichel	0,21 días	jue 27/8/20	jue 27/8/20
25	Pega de bloques tapichel	1,12 días	jue 27/8/20	vie 28/8/20
26	Colocación de acero vigas tapichel	0,78 horas	vie 28/8/20	lun 31/8/20
27	Encofrado vigas tapichel	0,94 horas	lun 31/8/20	lun 31/8/20
28	Colada vigas tapichel	0,12 días	lun 31/8/20	lun 31/8/20
29	Fraguado y endurecimient	1 día	lun 31/8/20	mar 1/9/20
30	Desencofrado vigas tapich	0,32 horas	mar 1/9/20	mar 1/9/20
31	Repellos	1,52 días	mar 1/9/20	jue 3/9/20
32	Fin	0 días	jue 3/9/20	jue 3/9/20



Proyecto: Programación Grupo
Fecha: jue 17/12/20

Tarea		Tarea inactiva		Informe de resumen manual		Hito externo		Progreso manual	
División		Hito inactivo		Resumen manual		Fecha límite			
Hito		Resumen inactivo		solo el comienzo		Tareas críticas			
Resumen		Tarea manual		solo fin		División crítica			
Resumen del proyecto		solo duración		Tareas externas		Progreso			

Apéndice 3

Tabla 1. Presupuesto detallado materiales sistema mampostería modular Armabloque

Presupuesto Armabloque						
Ítem	Sub Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	PRECIO TOTAL
1		Losa de cimentación				₡1 329 229,04
	AC70	Acero 7.2mm Gr.70	120,7	kg	₡611,93	₡73 870,54
	AC70	Acero 5.5mm Gr.70	99,7	kg	₡611,93	₡61 005,41
	AC70	Acero 9.5mm Gr. 70	12,8	kg	₡611,93	₡7 861,22
	00273	Malla electrosoldada	201,8	kg	₡713,67	₡144 020,55
	CP01	Concreto	10,6	m3	₡98 653,48	₡1 042 471,32
2		Columnas de cochera				₡84 895,40
	2.1	Acero 9.5mm Gr. 70	26,69	kg	₡611,93	₡16 333,87
	2.2	Acero 6.2mm Gr. 70	19,09	kg	₡611,93	₡11 680,30
	CP01	Concreto	0,58	m3	₡98 653,48	₡56 881,23
3		Muros Primer nivel				₡3 506 016,06
	BM45	Bloques 45 cm	984	unid	₡605,45	₡595 762,80
	BM30	Bloques 30 cm	282	unid	₡458,38	₡129 263,16
	BM15	Bloques 15 cm	12	unid	₡311,22	₡3 734,64
	M01	Mortero de pega	41,71	sacos	₡2 728,95	₡113 836,61
	AC70	Ganchos Gr.70	0,35	kg	₡611,93	₡215,14
	420101	Acero #3 vertical y horizontal Gr.60	101,00	varillas	₡1 645,00	₡166 145,00
	M02	Mortero de repello	1020,96	sacos	₡2 257,74	₡2 305 052,33
	CP02	Concreto hecho en sitio	2,20	m3	₡192 006,39	₡192 006,39
4		Entrepiso				₡1 963 838,95
		Viguetas	71,4	unid	₡525 384,74	₡525 384,74
	AC70	Bastones Gr.70	100,96	kg	₡611,93	₡61 781,13
	00273	Malla electrosoldada	156,58	kg	₡713,67	₡111 747,42
	CP01	Concreto	10,51	m3	₡98 653,48	₡1 036 978,64
	AC70	Acero Gr.70	372,51	kg	₡611,93	₡227 947,03
5		Muros Segundo Nivel				₡3 556 423,09
	BM45	Bloques 45 cm	1146,00	unid	₡605,45	₡693 845,70
	BM30	Bloques 30 cm	192,00	unid	₡458,38	₡88 008,96
	BM15	Bloques 15 cm	6,00	unid	₡311,22	₡1 867,32
	M01	Mortero de pega	44,79	sacos	₡2 728,95	₡122 237,55
	420101	Acero #3 vertical y horizontal Gr.60	93,00	varillas	₡1 645,00	₡152 985,00
	M02	Mortero de repello	1034,01	sacos	₡2 257,74	₡2 334 522,54
	CP02	Concreto hecho en sitio	1,95	m3	₡162 956,01	₡162 956,01
6		Vigas corona				₡333 082,72
	CP02	Concreto hecho en sitio	3,25	m3	₡233 656,69	₡233 656,69
	AC70	Acero Gr.70	162,48	kg	₡611,93	₡99 426,03
7		Tapichel				₡173 112,72
	BM45	Bloques 45 cm	214,17	unid	₡605,45	₡129 667,21
	M01	Mortero de pega	7,39	sacos	₡2 728,95	₡20 174,53
	M02	Mortero de repello	7,39	sacos	₡2 257,74	₡16 690,98
	420101	Acero #3 Gr60	4,00	varillas	₡1 645,00	₡6 580,00
8		Viga tapichel				₡59 672,10
	CP02	Concreto hecho en sitio	0,47	m3	₡40 367,37	₡40 367,37
	AC70	Acero Gr.70	31,55	kg	₡611,93	₡19 304,73
9		Escaleras				₡143 648,26
	CP01	Concreto	1,12	m3	₡98 653,48	₡110 807,59
	AC70	Acero Gr.70	53,67	kg	₡611,93	₡32 840,67
10		Subcontratos				₡1 060 659,86
	SC01	Subcontrato formaleta	1,00	N/A	₡650 922,18	₡650 922,18
	SC02	Subcontrato andamio	1,00	N/A	₡279 737,68	₡279 737,68
	SC03	Subcontrato batidora eléctrica	1,00	N/A	₡130 000,00	₡130 000,00
					TOTAL DEL PROYECTO OBRA GRIS	**₡12 210 578,20**

Tabla 2. Presupuesto detallado desperdicios Armabloque

Desperdicios Armabloque						
Ítem	Sub Ítem	Descripción	Desperdicio	Unidad	Precio unitario	PRECIO TOTAL
1		Losa de cimentación				₡54 431,74
	AC70	Acero Gr.70	1,83	kg	₡611,93	₡1 122,76
	CP01	Concreto	0,54	m3	₡98 653,48	₡53 308,98
2		Columnas de cochera				₡9 108,46
	2.1	Acero Gr.70	10,13	kg	₡611,93	₡6 199,72
	CP01	Concreto	0,03	m3	₡98 653,48	₡2 908,74
3		Muros Primer nivel				₡217 503,99
	BM45	Bloques 45 cm	118,00	unid	₡605,45	₡71 443,10
	BM30	Bloques 30 cm	0,00	unid	₡458,38	₡0,00
	BM15	Bloques 15 cm	0,00	unid	₡311,22	₡0,00
	M01	Mortero de pega	3,00	sacos	₡2 728,95	₡8 186,85
	AC70	Ganchos Gr.70	0,00	kg	₡611,93	₡0,00
	420101	Acero #3 vertical y horizontal Gr.60	0,00	varillas	₡1 645,00	₡0,00
	M02	Mortero de repello	43,00	sacos	₡2 257,74	₡97 082,82
	CP02	Concreto hecho en sitio	0,50	m3	₡82 140,61	₡40 791,22
4		Entrepiso				₡119 512,72
		Viguetas	2,64	unid	₡16 038,42	₡16 038,42
	CP01	Concreto	0,54	m3	₡98 653,48	₡53 028,10
	AC70	Acero Gr.70	82,44	kg	₡611,93	₡50 446,19
5		Muros Segundo Nivel				₡207 788,08
	BM45	Bloques 45 cm	136,72	unid	₡605,45	₡82 774,57
	BM30	Bloques 30 cm	0,00	unid	₡458,38	₡0,00
	BM15	Bloques 15 cm	0,00	unid	₡311,22	₡0,00
	M01	Mortero de pega	3,00	sacos	₡2 728,95	₡8 186,85
	420101	Acero #3 vertical y horizontal Gr.60	0,00	varillas	₡1 645,00	₡0,00
	M02	Mortero de repello	44	sacos	₡2 257,74	₡99 340,56
	CP02	Concreto hecho en sitio	0,21	m3	₡82 140,61	₡17 486,09
6		Vigas corona				₡65 760,77
	CP02	Concreto hecho en sitio	0,53	m3	₡82 140,61	₡43 757,12
	AC70	Acero Gr.70	35,96	kg	₡611,93	₡22 003,64
7		Tapichel				₡25 243,87
	BM45	Bloques 45 cm	26	unid	₡605,45	₡15 741,70
	M01	Mortero de pega	1	sacos	₡2 728,95	₡2 728,95
	M02	Mortero de repello	3	sacos	₡2 257,74	₡6 773,22
8		Viga tapichel				₡9 861,88
	CP02	Concreto hecho en sitio	0,07	m3	₡82 140,61	₡5 589,61
	AC70	Acero Gr.70	6,98	kg	₡611,93	₡4 272,26
9		Escaleras				₡12 934,24
	CP01	Concreto	0,06	m3	₡98 653,48	₡5 666,38
	AC70	Acero Gr.70	11,88	kg	₡611,93	₡7 267,86
				TOTAL DESPERDICIO OBRA GRIS		**₡722 145,74**

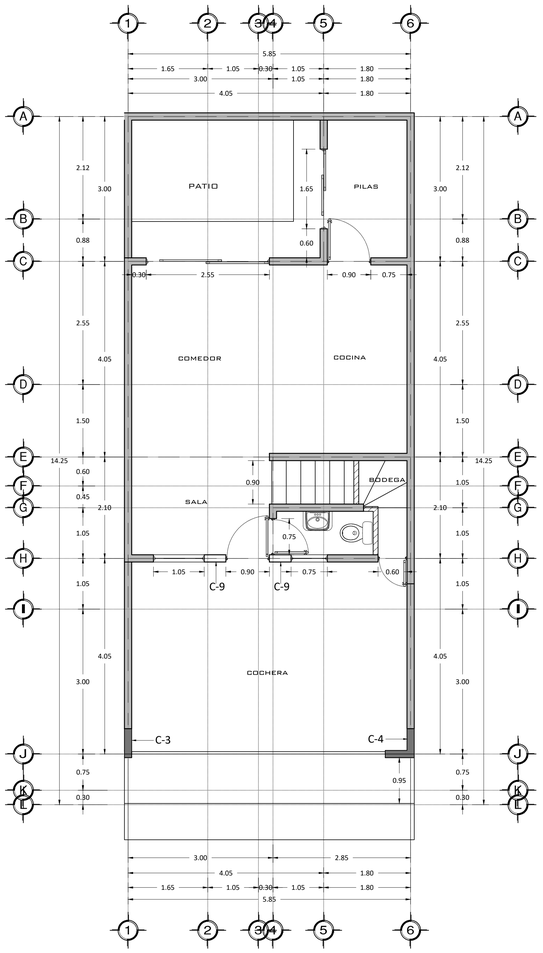
Apéndice 4

Tabla 1. Presupuesto detallado materiales sistema de mampostería tradicional

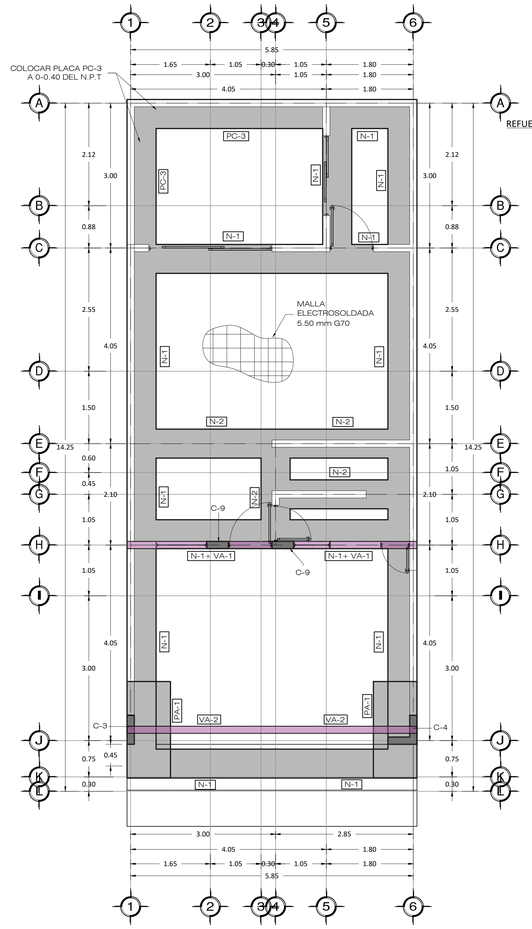
Presupuesto Grupo Pirie						
N° Ítem	Sub Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	PRECIO TOTAL
1		Losa de cimentación				₡1 246 994,60
	420101	Varillas #3 Gr.60	82	unid	₡1 645,00	₡134 890,00
	00273	Malla electrosoldada	122,04	kg	₡713,67	₡87 094,95
	CP01	Concreto premezclado	10,39	m3	₡98 653,48	₡1 025 009,66
2		Muros				₡1 682 866,69
	420101	Varillas #3 Gr.60	55	unid	₡1 645,00	₡90 475,00
	N20	Bloque estándar N-20	1676,00	unid	₡715,60	₡1 199 345,60
	CP02	Concreto relleno celdas	1,41	m3	₡112 188,12	₡112 188,12
	712-20	Mortero de repello	53,00	sacos	₡3 298,00	₡174 794,00
	MP01	Mortero de pega	1,55	m3	₡106 063,97	₡106 063,97
3		Columnas				₡1 390 248,55
	420101	Varillas #3 Gr.60	75	unid	₡1 645,00	₡123 375,00
	CP02	Concreto en sitio	16,51	m3	₡1 266 873,55	₡1 266 873,55
4		Vigas corona				₡349 809,21
	420101	Varillas #3 Gr.60	92	unid	₡1 645,00	₡151 340,00
	CP02	Concreto en sitio	2,55	m3	₡198 469,21	₡198 469,21
5		Tapichel				₡792 343,27
	CP02	Varillas #3 Gr.60	17	unid	₡1 645,00	₡27 965,00
	738-05	Bloque estándar N-20	752,00	unid	₡715,60	₡538 131,20
	CP02	Concreto relleno celdas	0,90	m3	₡73 567,63	₡73 567,63
	712-20	Mortero de repello	31,55	sacos	₡3 298,00	₡104 060,88
	MP01	Mortero de pega	0,70	m3	₡48 618,56	₡48 618,56
6		Vigas tapichel				₡116 337,63
	420101	Varillas #3 Gr.60	26	unid	₡1 645,00	₡42 770,00
	CP02	Concreto en sitio	0,90	m3	₡73 567,63	₡73 567,63
7		Otros				₡79 562,39
		Formaleta	18	m2	₡14 562,39	₡14 562,39
		Batidora eléctrica	1,00	unid	₡65 000,00	₡65 000,00
					TOTAL DE OBRA GRIS	**₡5 658 162,36**

Tabla 2. Presupuesto detallado desperdicios Grupo Pirie

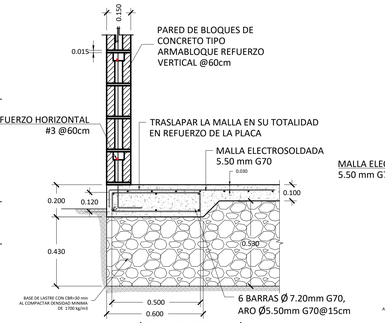
Presupuesto Grupo Pirie						
N° Ítem	Sub Ítem	Descripción	Desperdicio	Unidad	Precio unitario	PRECIO TOTAL
1		Losa de cimentación				₡126 934,92
	420101	Varillas #3 Gr.60	1,00	unid	₡1 645,00	₡1 645,00
	CP01	Concreto premezclado	1,27	m3	₡98 653,48	₡125 289,92
2		Muros				₡298 273,27
	420101	Varillas #3 Gr.60	0	unid	₡1 645,00	₡0,00
	N20	Bloque estándar N-20	83	unid	₡715,60	₡59 394,80
	CP02	Concreto relleno celdas	0,66	m3	₡82 140,61	₡54 109,63
	712-20	Mortero de repello	4	sacos	₡3 298,00	₡13 192,00
	MP01	Mortero de pega	2,6	m3	₡66 003,48	₡171 576,83
3		Columnas				₡4 021,60
	420101	Varillas #3 Gr.60	0	unid	₡1 645,00	₡0,00
	CP02	Concreto en sitio	0,05	m3	₡82 140,61	₡4 021,60
4		Vigas corona				₡17 328,38
	420101	Varillas #3 Gr.60	0	unid	₡1 645,00	₡0,00
	CP02	Concreto en sitio	0,21	m3	₡82 140,61	₡17 328,38
5		Tapichel				₡134 144,36
	CP02	Varillas #3 Gr.60	0	unid	₡1 645,00	₡0,00
	738-05	Bloque estándar N-20	38	unid	₡715,60	₡27 192,80
	CP02	Concreto relleno celdas	0,28	m3	₡82 140,61	₡23 390,91
	712-20	Mortero de repello	2,00	sacos	₡3 298,00	₡6 596,00
	MP01	Mortero de pega	1,17	m3	₡66 003,48	₡76 964,66
6		Vigas tapichel				₡39 802,05
	420101	Varillas #3 Gr.60	0	unid	₡1 645,00	₡0,00
	CP02	Concreto en sitio	0,48	m3	₡82 140,61	₡39 802,05
7		Otros				₡14 562,39
		Formaleta	18	m2	₡14 562,39	₡14 562,39
			TOTAL DESPERDICIOS OBRA GRIS			**₡635 066,98**



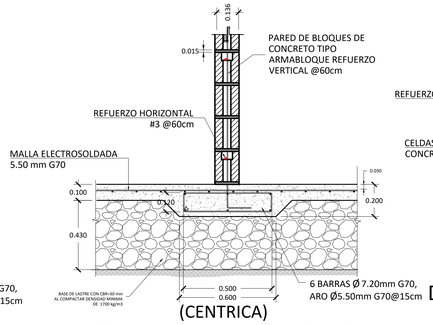
PLANTA DE DISTRIBUCIÓN ARQUITECTÓNICA
ESCALA 1:50



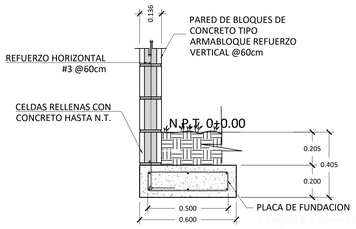
PLANTA DE CIMENTACIÓN
ESCALA 1:50



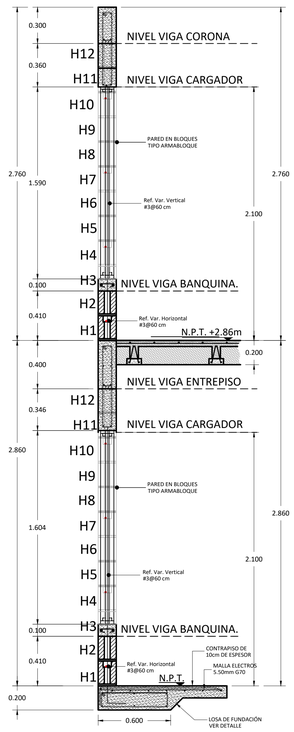
(EXCENTRICA)
DETALLE DE NERVADURA N-1
ESCALA 1:15



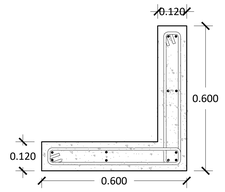
(CENTRICA)
DETALLE DE NERVADURA N-2
ESCALA 1:15



DETALLE DE PLACA CORRIDA A 0-0.40 N.P.T
ESCALA 1:20 PC-3

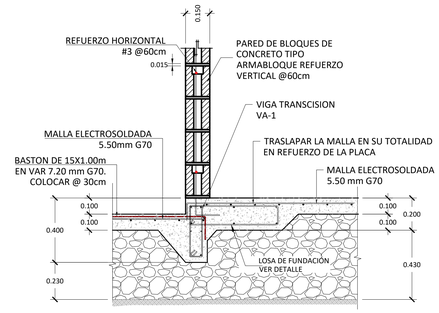


CORTE TÍPICO DE PARED EN ARMABLOQUE



11 VAR 9.50 AROS 6.20 @15cm.

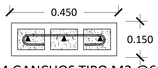
TIPO C-4 *COLUMNA*
ESCALA 1:10



DETALLE DESNIVEL COCHERA EJE "H"
ESCALA 1:20

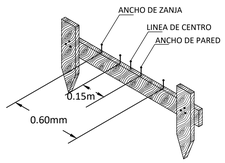
NOTA DE CIMENTACIÓN: SE CONTEMPLA UNA CAPACIDAD DE SOPORTE DE 10 ton/m2, SOBRE UN SUELO LIBRE DE ARCILLAS EXPANSIVAS, PONTENCIAL DE ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES O DE LICUEFACCIÓN QUE DEBERÁ SER REVISADO EN LA OBRA POR EL PROFESIONAL RESPONSABLE.

DEBERA VERIFICARSE QUE LAS ARCILLAS EXPANSIVAS SEAN ELIMINADAS EN SU TOTALIDAD.



3 VAR #4 GANCHOS TIPO M2 @60cm.

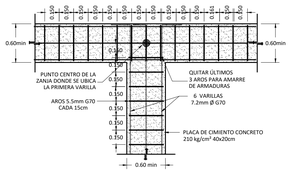
TIPO C-9 *COLUMNA*
ESCALA 1:10



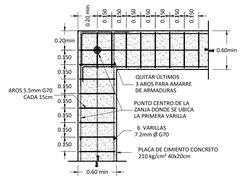
DETALLE DE CONFECCIÓN DE YUGUETAS Y NIVELETAS
ESCALA 1:15

6 VAR 9.50 AROS 6.20 @15cm.

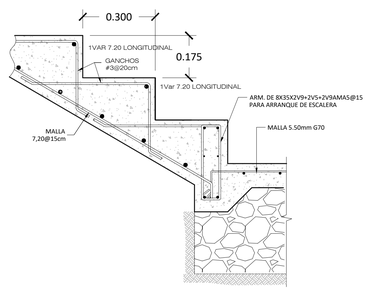
TIPO C-3 *COLUMNA*
ESCALA 1:10



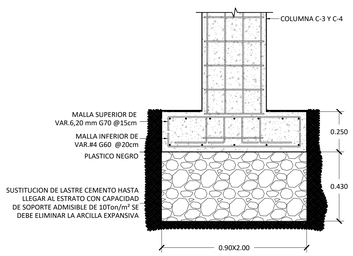
DETALLE DE UNION DE FUNDACION EN "T"
ESCALA 1:25



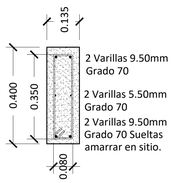
DETALLE DE UNION DE FUNDACION EN "L"
ESCALA 1:25



DETALLE DE ESCALERA Y ARRANQUE
SIN ESCALA



DETALLE DE PLACA PA-1
ESCALA 1:15



AROS Ø5.50mmG70, @ 0.15m

TIPO VA-1 *DESNIVEL COCHERA*
ESCALA 1:15

ARM. 8X35X2V9+2V5+2V9AMA5@15

NOTAS ESTRUCTURALES:

1-EL CONCRETO QUE SE UTILIZARA PARA CIMIENTOS,LOSAS,VIGAS Y COLUMNAS TODO TENDRA UNA RESISTENCIA MINIMA DE 210Kg/cm2.

2-EL CONCRETO QUE SE UTILIZARA PARA SELLO TENDRA UNA RESISTENCIA MINIMA DE 105Kg/cm2.

3-EL CONCRETO QUE SE UTILIZARA PARA LOSA DE CONTRAPISO SERA DE 210 Kg/cm2 y ACERAS TENDRA UNA RESISTENCIA MINIMA DE 175 Kg/cm2.

4-EL ACERO A USAR SERA SEGUN ASTM A 615 G 60.

5-TODOS LOS ANCLAJES DE VARILLAS DEBERAN TENER UN GANCHO STANDAR CON BRAZO DE 15cm MINIMO (PARA VARILLA #2,#3,#4).

6-LA SUSTITUCION DE TERRENO DEBERA HACERSE CON LASTRE COMPACTADO EN CAPAS NO MAYORES A LOS 20cm.Y UNA COMPACTACION DEL 95% DE LA PRUEBA PROCTOR STANDAR.

7. LOS CARGADORES Y BANQUINAS SE ANCLARAN POR LO MENOS 15cm EN LAS PAREDES DE BLOQUES.

NOTAS DE GENERALES DEL SISTEMA ARMABLOQUE

1. LAS VARILLAS QUE SE INCLUYEN CON LA ENTREGA DEL MATERIAL ARMABLOQUE SON LAS NECESARIAS PARA EL REFUERZO INTEGRAL DE TODOS LOS MUROS, ESQUINAS E INTERSECCIONES DE PARED.

2. LAS BARRAS #2 SE UTILIZAN COMO REFUERZO VERTICAL DESDE LA FUNDACIÓN HASTA LA ALTURA COMPLETA DE LA PARED.

3 LAS BARRAS #3 SE UTILIZAN COMO REFUERZO VERTICAL HASTA BUQUES DE VENTANAS.

4. LAS BARRAS #4 SE UTILIZAN COMO REFUERZO VERTICAL HASTA EL NIVEL DE BUQUE DE PUERTA.

5. LAS VARILLAS DE 3/8"QUE SE ENVIAN EN LONGITUD DE 6m SON LAS NECESARIAS PARA EL REFUERZO HORIZONTAL DE LOS MUROS, ESTE DEBE COLOCARSE CADA 3 HILADAS O 60cm A PARTIR DE LA PRIMERA HILADA ENTERRADA.

6. LOS DISTINTOS GANCHOS DE REFUERZO QUE SE ENVÍAN SE DEBEN COLOCAR SEGÚN EL TIPO DE MOCHETA INDICADA EN LAS PLANTAS DE DISTRIBUCIÓN DE BLOQUES MODULARES, ESTOS SE DEBEN COLOCAR EN TODAS LAS HILADAS

7. LA SISA VERTICAL ENTRE BLOQUES DEBE SER DE 1.5cm.

8. PARA LOGRAR RESULTADOS ÓPTIMOS AL USAR EL SISTEMA ARMABLOQUE SE RECOMIENDA CONSULTAR EL MANUAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES MEDIANTE BLOQUES DE CONCRETO TIPO ARMABLOQUE.

ARMABLOQUE
Sistemas de construcción

Diseño estructural realizado por:
Edwin Espinoza Blanco
IC - 5979

PROYECTO ESCAZU URBANO

CONTENIDO:

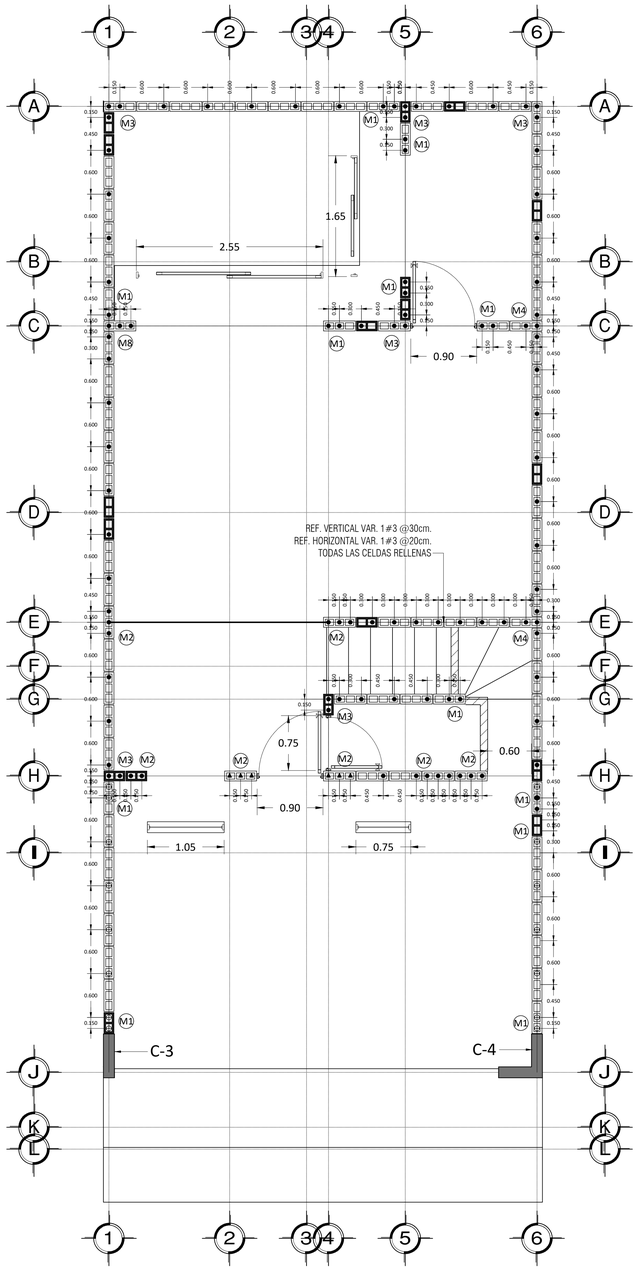
Planta de Distribución de Cimientos
Planta de Distrubucion de Bastones perimetrales
Planta de Distribución Arquitectónica 1er Nivel
Detalles Estructurales del Sistema ARMABLOQUE

INFORMACION DEL REGISTRO PUBLICO:

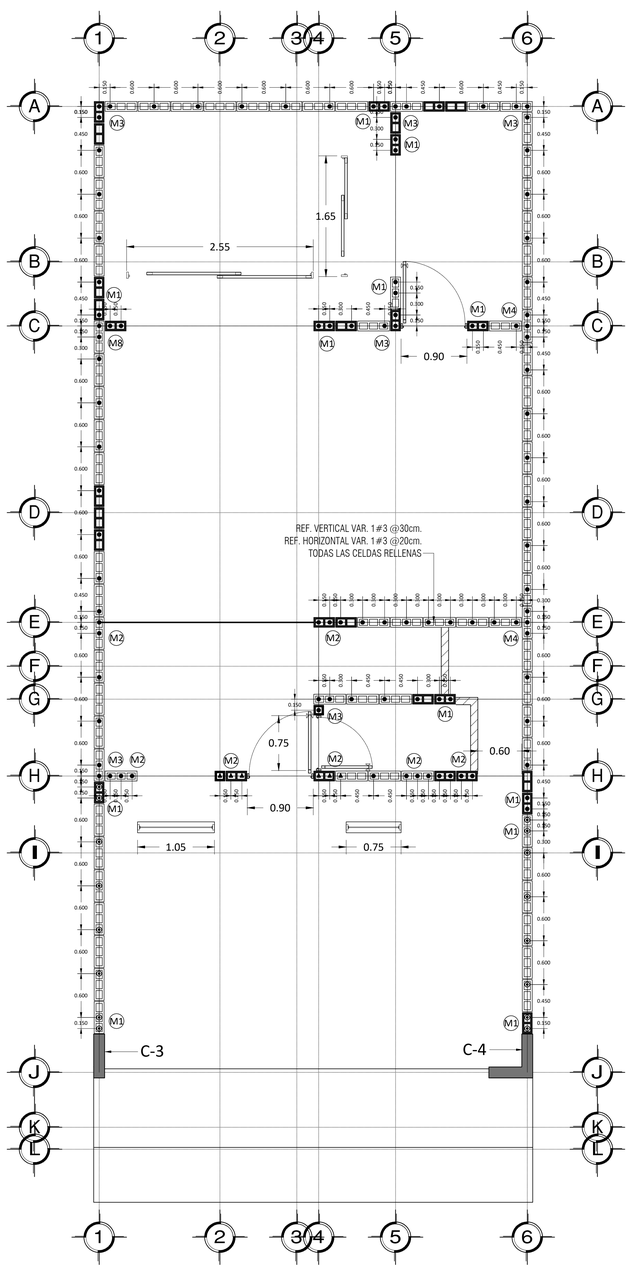
PROPIETARIO: GRUPO ZEN

NOMBRE DEL DIBUJANTE: KAREN LEON

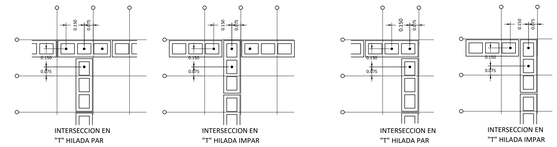
Proyecto: VIVIENDA UNIFAMILIAR	Fecha: 28/02/19	
Escala: INDICADA	Tamaño de Lámina: 750x1000 mm	N° Lámina: S-01

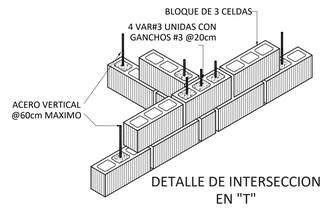


PLANTA DISTRIBUCIÓN HILADAS ARMABLOQUE 1er NIVEL
PRIMERA HILADA IMPAR
ESCALA 1:33

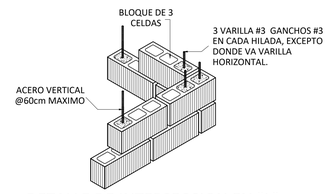


PLANTA DISTRIBUCIÓN HILADAS ARMABLOQUE 1er NIVEL
SEGUNDA HILADA PAR
ESCALA 1:33

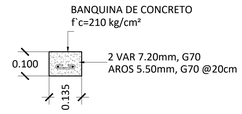




DETALLE DE INTERSECCION EN "T"



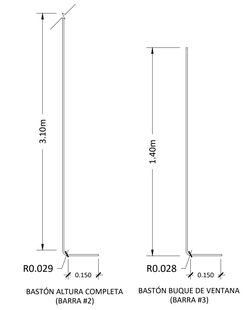
DETALLE DE INTERSECCION EN "L"



TIPO VB-1 *BANQUINA*
ESCALA 1:15
ARP. 5X7.5X2V7A5@20

PIEZA BASE 45cm
TAMAÑO NOMINAL 11.5x20x45cm
COMPLEMENTO 30cm
TAMAÑO NOMINAL 13.5x20x30cm
TERCIO DE BLOQUE 15cm
TAMAÑO NOMINAL 13.5x20x15cm

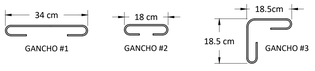
PIEZAS DEL SISTEMA ARMABLOQUE
ESCALA 1:20



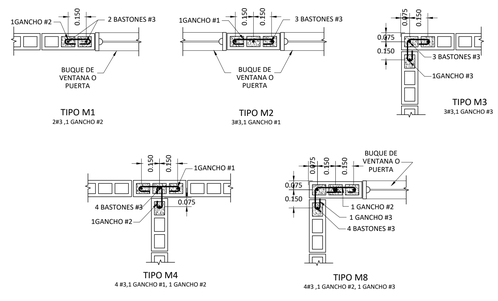
BASTÓN ALTURA COMPLETA (BARRA #2)
BASTÓN BUQUE DE VENTANA (BARRA #3)

DETALLES DE BASTONES DEL SISTEMA ARMABLOQUE
SIN ESCALA

SIMBOLOGIA DE VARILLAS
VARILLA HASTA ALTURA DE VENTANA
VARILLA HASTA VIGA CORONA
VARILLA HASTA NPT
VARILLA COMPLETA #4



DETALLE DE GANCHOS DEL SISTEMA ARMABLOQUE
SIN ESCALA



TIPO M1
2#3 ,1 GANCHO #2

TIPO M2
3#3,1 GANCHO #1

TIPO M3
3#3,1 GANCHO #3

TIPO M4
4 #3,1 GANCHO #1, 1 GANCHO #2

TIPO M8
4#3 ,1 GANCHO #2, 1 GANCHO #3

NOTA: COLOCAR GANCHOS EN TODAS LAS HILADAS, EXECPTO EN LAS HILADAS CON ACERO HORIZONTAL.

DETALLES DE MOCHETAS DEL SISTEMA ARMABLOQUE 1er NIVEL
ESCALA 1:20

ARMABLOQUE
Sistemas de construcción

Diseño estructural realizado por:
Edwin Espinoza Blanco
IC - 5979

PROYECTO ESCAZU URBANO

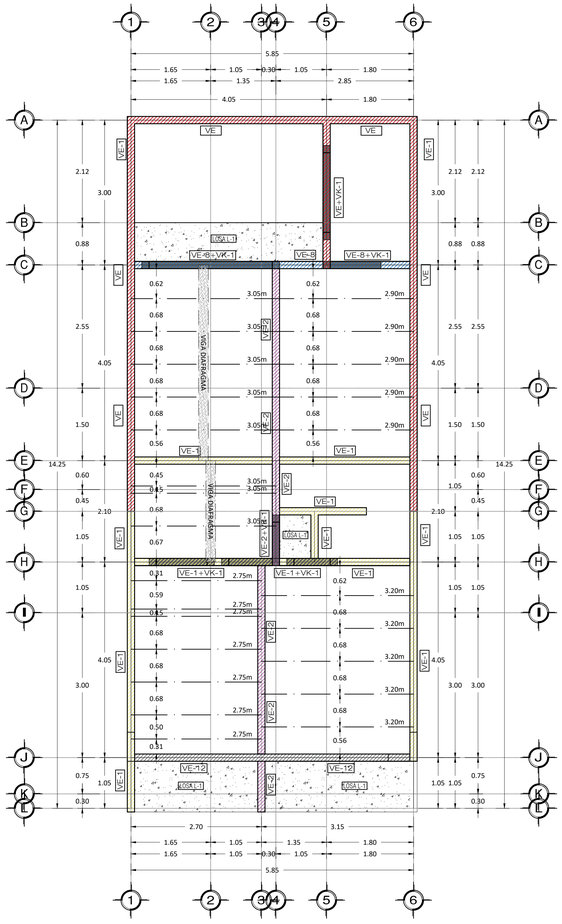
CONTENIDO:
Plantas de Distribución de HILADAS ARMABLOQUE 1 Nivel. 1era Hilada eh Impares
Plantas de Distribución de HILADAS ARMABLOQUE 1 Nivel. 2da Hilada y pares
Detalles Estructurales del Sistema ARMABLOQUE

INFORMACION DEL REGISTRO PUBLICO:

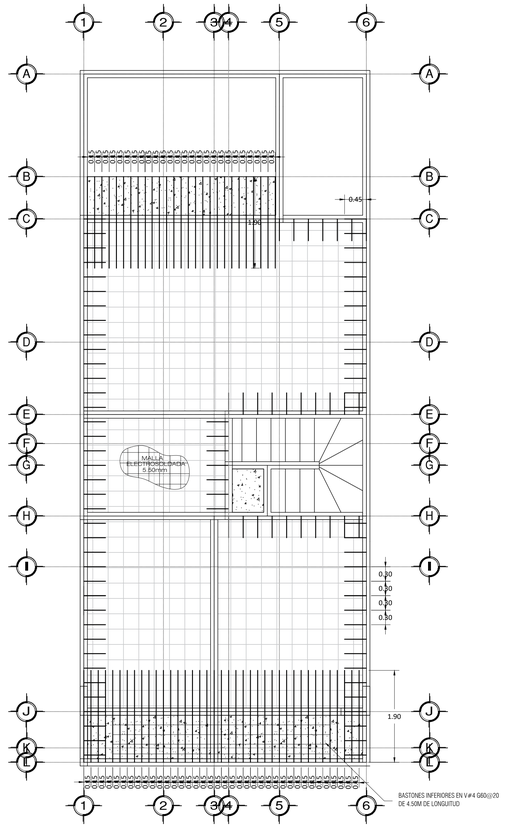
PROPIETARIO: GRUPO ZEN

NOMBRE DEL DIBUJANTE: KAREN LEON

Proyecto: VIVIENDA UNIFAMILIAR	Fecha: 28/02/19	
Escala: INDICADA	Tamaño de Lámina: 750x1000 mm	N° Lámina: S-02

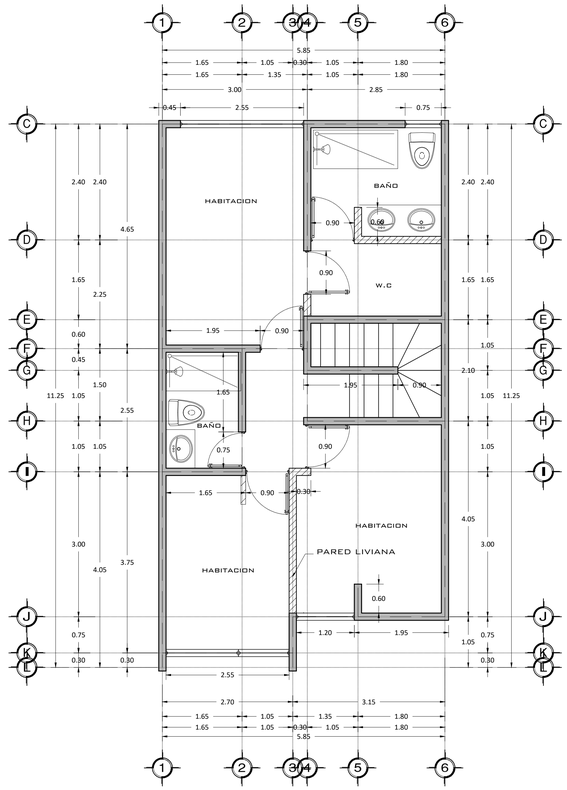


PLANTA DE DISTRIBUCIÓN DE ENTREPISO
ESCALA 1:33

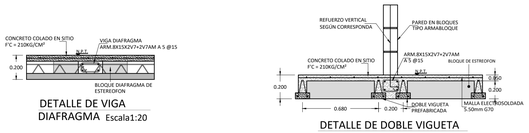


PLANTA DE DISTRIBUCIÓN BASTONES PERIMETRALES
ESCALA 1:50

COLOCAR BASTONES DE L: TOTAL 1.90m
@ 15cm.EN ZONA DE LOSAS. BASTONES
DE L:45cm EN TODO EL PERIMETRO.
VER DETALLE DE BASTON.
VER DETALLES DE ENTREPISO



PLANTA DE DISTRIBUCIÓN ARQUITECTÓNICA 2doNIVEL
ESCALA 1:50

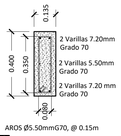


DETALLE DE VIGA
DIAFRAGMA Escala1:20

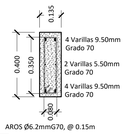
DETALLE DE DOBLE VIGUETA
SOPORTE DE PARED SIN ESCALA

NOTA: EL ENTREPISO TIPO ARMABLOQUE ESTÁ DISEÑADO PARA UNA SOBRECARGA TEMPORAL DE 200kg/m2 Y SOBRE CARGA PERMANENTE DE 100kg/m2.

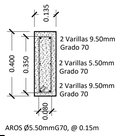
NOTA: SE COLOCARAN PUNTALES A UNA DISTANCIA MAXIMA DE 1,40m Y SE MANTENDRA APUNTALADO HASTA 4 DIAS DESPUES DE COLOCAR LAS VIGAS DE TECHO



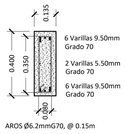
TIPO VE *ENTREPISO*
ESCALA 1:15
ARM. 8X35X4V7+2V5A5@15



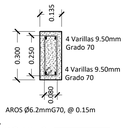
TIPO VE-8 *ENTREPISO*
ESCALA 1:15
ARM. 8X35X8V9+2V5A6@15



TIPO VE-1 *ENTREPISO*
ESCALA 1:15
ARM. 8X35X4V9+2V5A5@15



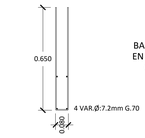
TIPO VE-12 *ENTREPISO*
ESCALA 1:15
ARM. 8X35X10V9+2V5A6@15



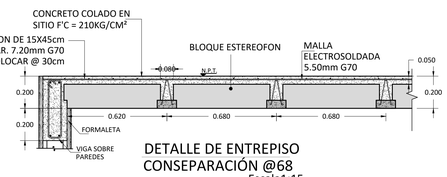
TIPO VE-2 *ENTREPISO*
ESCALA 1:15
ARM. 8X35X8V9A6@15

TIPO *DIAFRAGMA*
ARM. 8X15X2V7+2V7AMA5@15

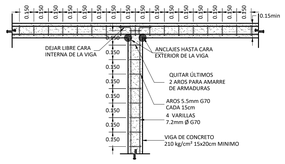
TIPO *DOBLE VIGUETA*
ESCALA 1:15



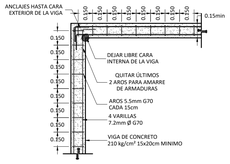
TIPO VK-1 *CARGADOR*
ESCALA 1:15
VK. 8X65X4V7A5@20



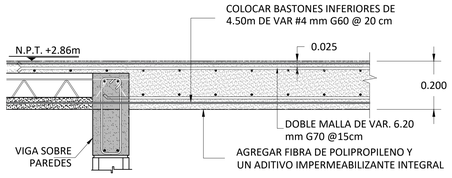
DETALLE DE ENTREPISO
CONSEPARACIÓN @68
Escala1:15



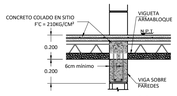
DETALLE DE UNION DE
VIGA EN "T"
ESCALA 1:20



DETALLE DE UNION DE
VIGA EN "L"
ESCALA 1:20



DETALLE DE
LOSA L-1 A N.P.T 2.86m
Escala1:10



DETALLE DE ENTREPISO
APOYADO EN VIGAS Escala1:20

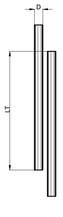
DIMENSIONES GANCHO STANDARD

TIPO DE VARILLA	VARIABLES		
	D(mm)	R(mm)	LG(mm)
#2	6.3	20	100
#3	9.5	30	150
#4	12.7	40	200
#5	15.9	50	250
#6	19.1	60	300
#7	22.2	70	350
#8	25.4	80	400
#9	28.7	115	480
#10	32.3	130	540

LONGITUD DE TRASLAPE
VIGAS LECHO SUPERIOR

TIPO DE VARILLA	VARIABLES (mm)	
	D(mm)	LT(mm)
#3	9.5	80
#4	12.7	105
#5	15.9	130
#6	19.1	155
#7	22.2	185
#8	25.4	210
#9	28.7	235
#10	32.3	260

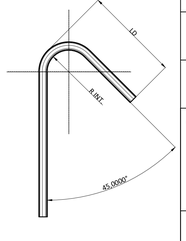
RESISTENCIA CONCRETO F'c=210 kg/cm²
ACERO 4200 kg/cm² (G60)



LONGITUD DE TRASLAPE
VIGAS LECHO INFERIOR Y COLUMNAS

TIPO DE VARILLA	VARIABLES	
	D(mm)	LT(mm)
#3	9.5	55
#4	12.7	75
#5	15.9	90
#6	19.1	110
#7	22.2	130
#8	25.4	150
#9	28.7	170
#10	32.3	185

RESISTENCIA CONCRETO F'c=210 kg/cm²
ACERO 4200 kg/cm² (G60)



ARMABLOQUE
Sistemas de construcción

Diseño estructural realizado por:
Edwin Espinoza Blanco
IC - 5979

PROYECTO ESCAZU URBANO

CONTENIDO:

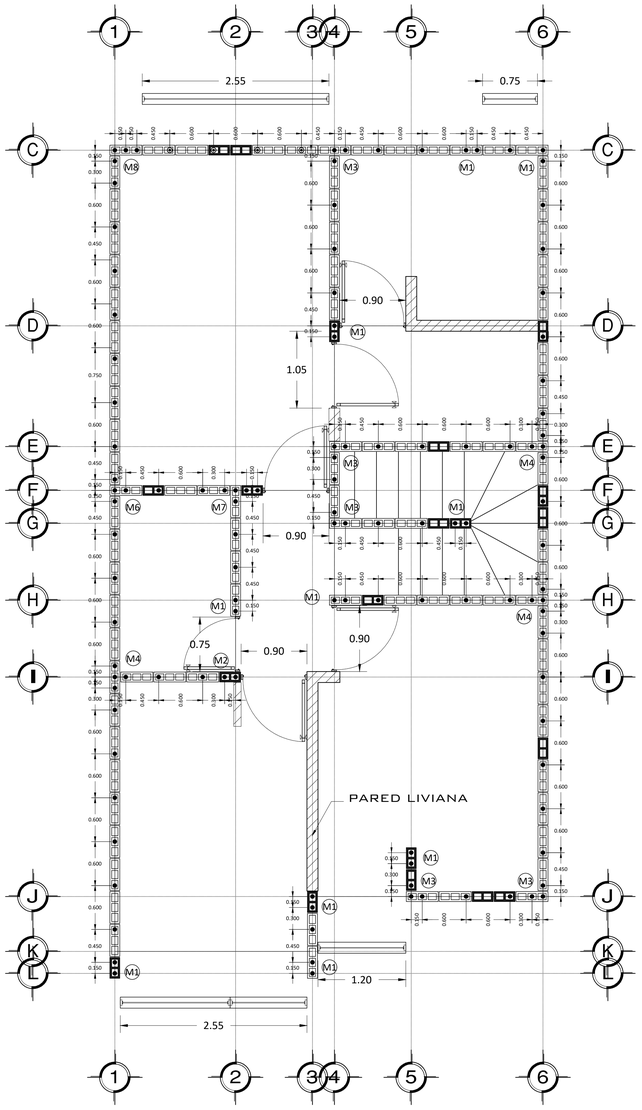
Planta de Distribución Arquitectónica 2do Nivel
Planta de Distribución de Entrepiso
Planta de Distrubucion de Bastones perimetrales
Detalles Estructurales del Sistema
de Entrepiso ARMABLOQUE

INFORMACION DEL REGISTRO PUBLICO:

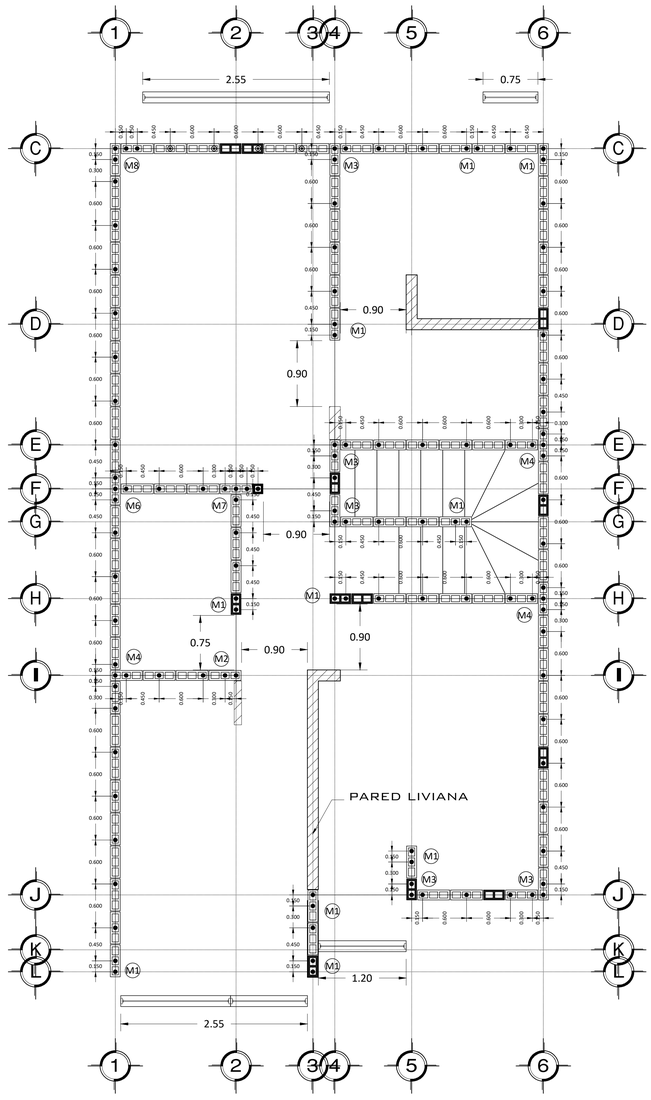
PROPIETARIO: GRUPO ZEN

NOMBRE DEL DIBUJANTE: KAREN LEON

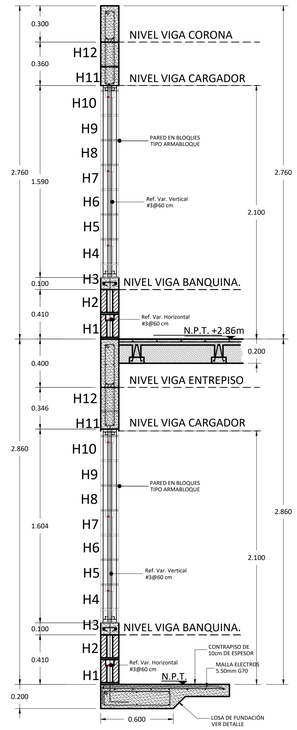
Proyecto: VIVIENDA UNIFAMILIAR	Fecha: 28/02/19	
Escala: INDICADA	Tamaño de Lámina: 750x1000 mm	N° Lámina: S-03



PLANTA DISTRIBUCIÓN HILADAS ARMABLOQUE 2do NIVEL
PRIMERA HILADA IMPAR
ESCALA 1:33



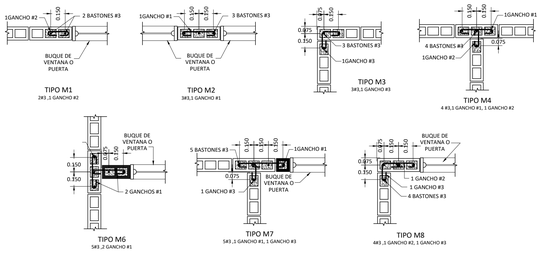
PLANTA DISTRIBUCIÓN HILADAS ARMABLOQUE 2do NIVEL
SEGUNDA HILADA PAR
ESCALA 1:33



CORTE TÍPICO DE PARED
EN ARMABLOQUE

DETALLE DE GANCHOS DEL SISTEMA
ARMABLOQUE
SIN ESCALA

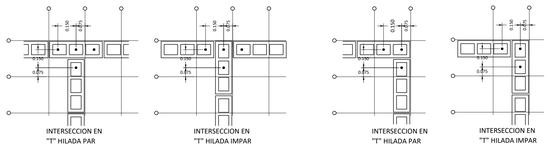
SIMBOLOGIA DE VARILLAS	
⊙	VARILLA HASTA ALTURA DE VENTANA
●	VARILLA HASTA VIGA CORONA
⊕	VARILLA HASTA NPT
▲	VARILLA COMPLETA #4

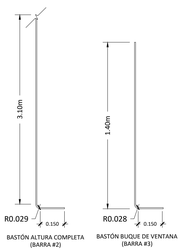


NOTA: COLOCAR GANCHOS EN TODAS LAS HILADAS, EXECPTO EN LAS HILADAS CON ACERO HORIZONTAL.

DETALLES DE MOCHETAS DEL SISTEMA ARMABLOQUE 2do NIVEL
ESCALA 1:25

PIEZAS DEL SISTEMA ARMABLOQUE
ESCALA 1:20





DETALLES DE BASTONES DEL SISTEMA
ARMABLOQUE
SIN ESCALA

ARMABLOQUE
Sistemas de construcción

Diseño estructural realizado por:
Edwin Espinoza Blanco
IC - 5979

PROYECTO ESCAZU URBANO

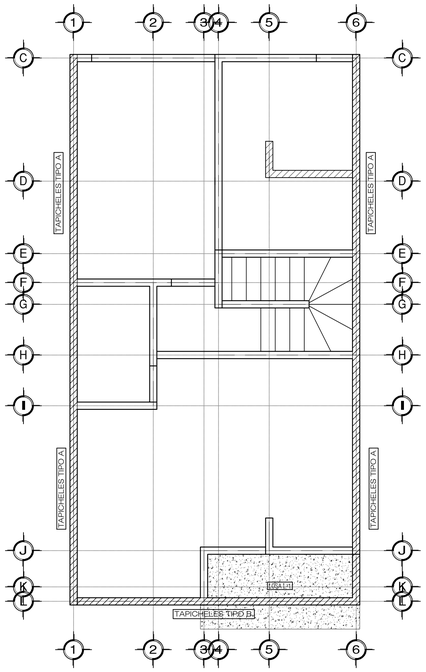
CONTENIDO:
Plantas de Distribución de HILADAS ARMABLOQUE 2 Nivel. 1era Hilada eh Impare
Plantas de Distribución de HILADAS ARMABLOQUE 2 Nivel. 2da Hilada y pares
Detalles Estructurales del Sistema ARMABLOQUE

INFORMACION DEL REGISTRO PUBLICO:

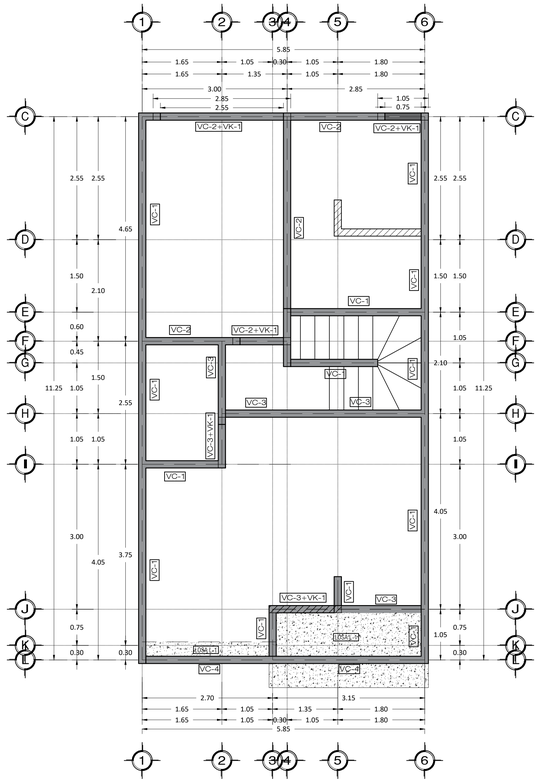
PROPIETARIO: GRUPO ZEN

NOMBRE DEL DIBUJANTE: KAREN LEON

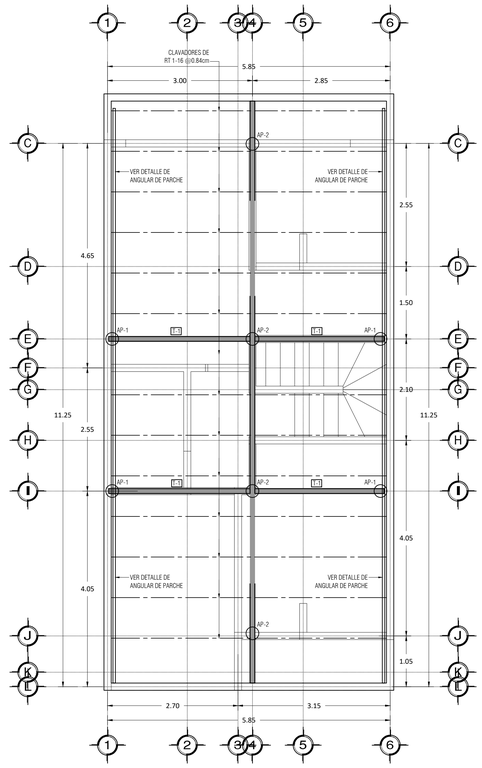
Proyecto: VIVIENDA UNIFAMILIAR	Fecha: 28/02/19	
Escala: INDICADA	Tamaño de Lámina: 750x1000 mm	N° Lámina: S-04



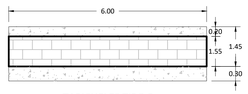
PLANTA DE TAPICHELES
ESCALA 1:50



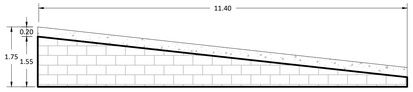
PLANTA DE VIGAS CORONA
ESCALA 1:50



PLANTA ESTRUCTURAL DE TECHOS
ESCALA 1:50

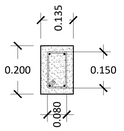


TAPICHELES TIPO B
SIN ESCALA



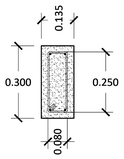
TAPICHELES TIPO A
SIN ESCALA

EJEMPLO DE LOS TAPICHELES



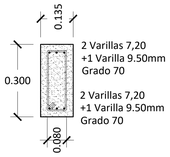
4 VARILLAS Ø7.2mm G70,
AROS Ø 5.5mm G70 @0.20m

TIPO *TAPICHEL*



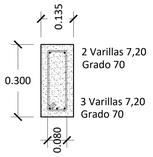
4 VARILLAS Ø7.20mm G70,
AROS Ø5.5mm G70 @0.20m

TIPO VC-1 *CORONA*
ESCALA 1:15
ARM. 8X25X4V7A5@20



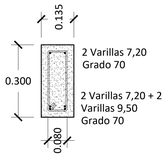
4 VARILLAS Ø7.20mm G70, + 2V9.50
AROS Ø5.5mm G70 @0.20m

TIPO VC-2 *CORONA*
ESCALA 1:15
ARM. 8X25X4V7+ 2V9A5@20



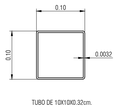
5 VARILLAS Ø7.20mm G70,
AROS Ø5.5mm G70 @0.20m

TIPO VC-3 *CORONA*
ESCALA 1:15
ARM. 8X25X5V7A5@20

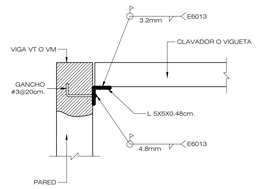


VARILLAS Ø7.20mm + 2 VARILLAS Ø9.50 G70,
AROS Ø5.5mm G70 @0.20m

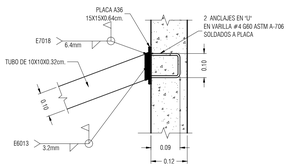
TIPO VC-4 *CORONA*
ESCALA 1:15
ARM. 8X25X4V7+2V9A5@20



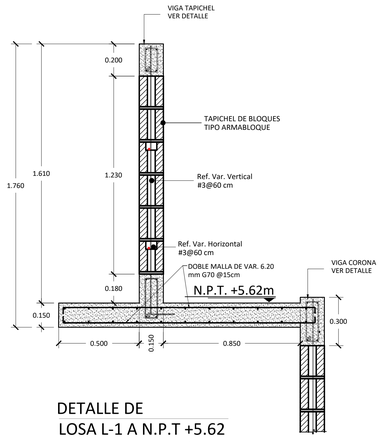
DETALLE DE T-1
ESCALA 1:10



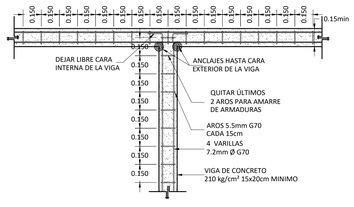
DETALLE DE ANGULAR
EN PARCHE
ESCALA 1:15



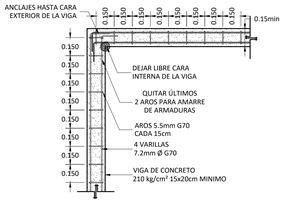
DETALLE DE APOYO AP-1
ESCALA 1:10



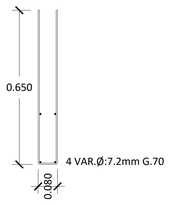
DETALLE DE
LOSA L-1 A N.P.T +5.62
Escala1:15



DETALLE DE UNION DE
VIGA EN "T"
ESCALA 1:20

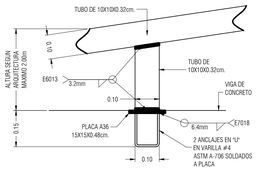


DETALLE DE UNION DE
VIGA EN "L"
ESCALA 1:20



AROS BARRA Ø:5.5mm G.70 @20cm.

TIPO VK-1 *CARGADOR*
ESCALA 1:15
VK. 8X65X4V7A5@20



DETALLE DE APOYO AP-2
ESCALA 1:10

ARMABLOQUE
Sistemas de construcción

Diseño estructural realizado por:
Edwin Espinoza Blanco
IC - 5979

PROYECTO ESCAZU URBANO

CONTENIDO:

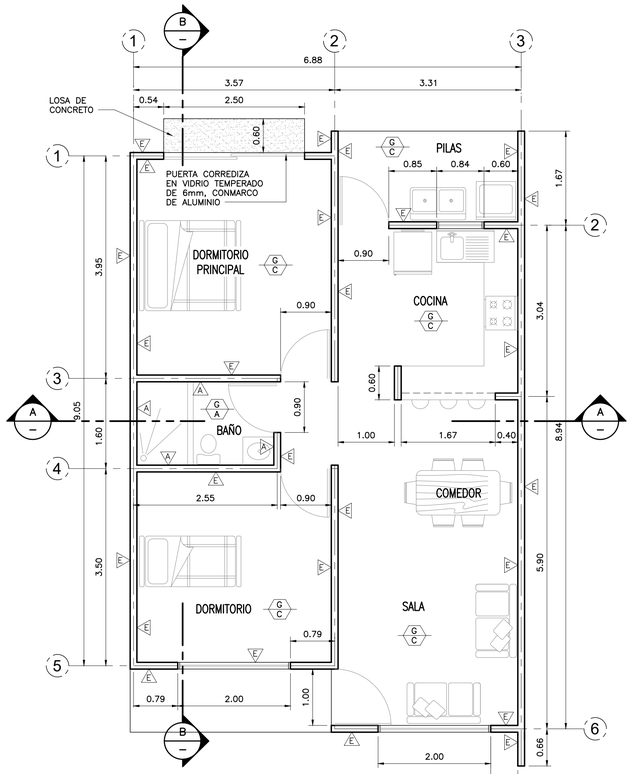
Planta de Tapicheles
Plantas de Distribución de viga corona
Planta Estructural de Techos.
Detalles Estructurales del Sistema
ARMABLOQUE

INFORMACION DEL REGISTRO PUBLICO:

PROPIETARIO: GRUPO ZEN

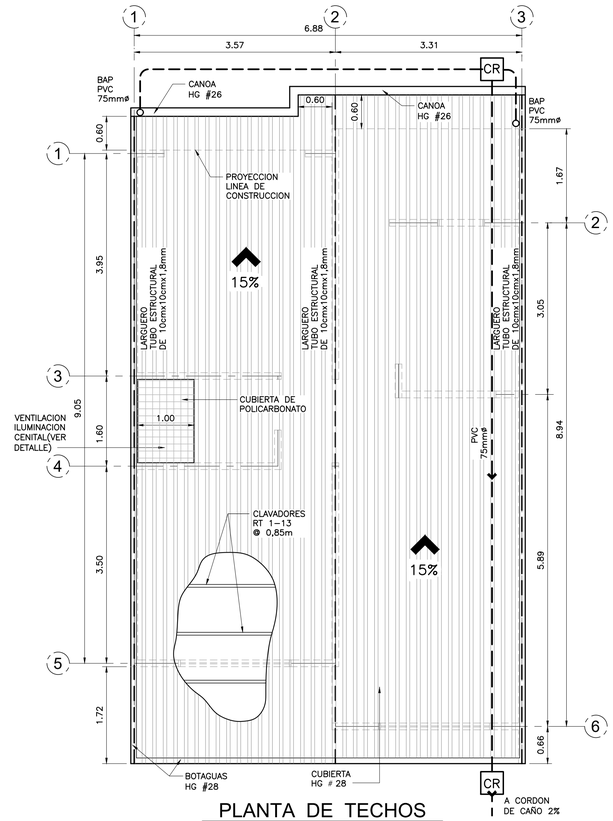
NOMBRE DEL DIBUJANTE: KAREN LEON

Proyecto: VIVIENDA UNIFAMILIAR	Fecha: 28/02/19	
Escala: INDICADA	Tamaño de Lámina: 750x1000 mm	N° Lámina: S-05



PLANTA ARQUITECTONICA

ESCALA 1:50



PLANTA DE TECHOS

ESCALA 1:50

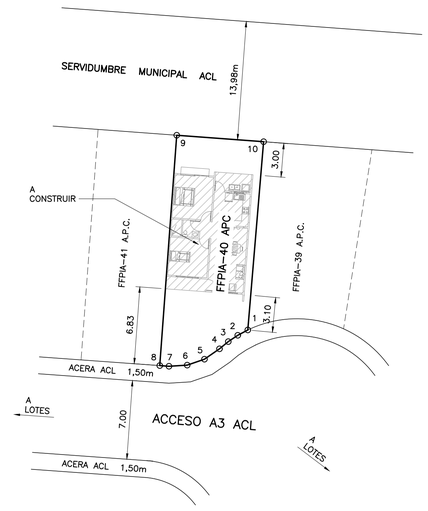
NOTAS GENERALES

1. TODO EL ACERO TRANSVERSAL DE, COLUMNAS, VIGAS Y MUROS SERA GRADO 60, CON UN ESFUERZO DE CEDENCIA DE 4200kg/cm^2.
2. TODOS LOS DOBLECES, ANCLAJES Y TRASLAPES DEL ACERO DE REFUERZO, DEBERAN REALIZAR Y DIMENSIONAR SEGÚN LOS ESQUEMAS E INDICACIONES MOSTRADOS EN ESTOS PLANOS. NO SE ACEPTARAN EMPALMES TIPO BOTELLA, NI RADIOS DE DOBLEZ INFERIORES A LOS INDICADOS EN ESTOS DETALLES.
3. EN NINGUN CASO SE PUEDE TRASLAPAR MAS DEL 50% DEL REFUERZO LONGITUDINAL EN TENSION EN UN MISMO PUNTO.
4. NO SE PERMITE HACER TRASLAPES EN NUCLEOS DE UNION NI A UNA DISTANCIA DE 2ø DE LOS EXTREMOS DE LOS ELEMENTOS, PREFERIBLEMENTE SE DEBEN REALIZAR EN ZONAS DE INFLEXION.
5. EL RECUBRIMIENTO DE CONCRETO DE ELEMENTOS DE CONCRETO NO ENTERRADOS SERA DE 2.5cm, PARA PLACAS BAJO NIVEL DE TERRENO SE UTILIZARA UN RECUBRIMIENTO DE 6cm.
6. ANTES DE COLOCAR LA ARMADURA DE PLACAS DE CIMENTACION, SE DEBERA APLICAR EN EL FONDO DE LA ZANJA UN SELLO DE CONCRETO POBRE DE 5cm DE ESPESOR CON UNA RESISTENCIA f'c=100kg/cm^2.
7. LA SOLDADURA A UTILIZAR SERA E6013 PARA ACERO LAMINADO EN FRIO.

ACABADO/ ELEMENTO UNITARIO	APLICA	DESCRIPCION DEL MATERIAL
ACERAS	NO	
ALEROS	SI	DENSGLASS
CANOAS Y BAJANTES	SI	
CERCHAS	SI	HIERRO GALVANIZADO
CIELORRASOS	SI	GYPSUM
CORNISAS	SI	
CLOSETS	SI	DENSGLASS
ESCALERAS Y RAMPAS	SI	CONCRETO
MARCOS DE VENTANA	SI	ALUMINIO
PAREDES EXTERNAS	SI	BLOCK 12x20x40
PAREDES INTERNAS	SI	BLOCK 12x20x40
PINTURA CIELORRASOS	SI	
PINTURA PAREDES EXTERNAS	SI	
PINTURA PAREDES INTERNAS	SI	
PISOS	SI	PORCELANATO
PORTONES	NO	
PRECINTAS	SI	DENSGLASS
PUERTAS(PRINCIPAL Y POSTERIOR)	SI	MADERA
REPELLOS EXTERNOS	SI	FINO
REPELLOS INTERNOS	SI	FINO
REVESTIMIENTOS	NO	
RODAPIES	SI	
TAPIAS h=1,80m	SI	BLOCK 12x20x40
TAPICHELES EXTERNOS	SI	BLOCK 12x20x40
TAPICHELES INTERNOS	SI	BLOCK 12x20x40
VIDRIO	SI	FIJO Y CELOSIA

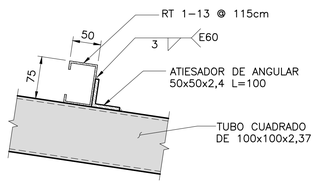
TABLA DE ACABADOS

	CIELOS
G	GYPSUM
	PISOS
C	PORCELANATO CALIBRADO Y FIJADA CON MORTERO CEMENTICIO CON POLIMERO. SIZAS AL MINIMO 1 o 2mm EN AMBAS DIRECCIONES, CON FRAGUA CEMENTICIA SIN ARENA. COLOR A DEFINIR EN OBRA POR PROPIETARIO Y/O INSPECTOR. SE RECOMIENDA EL USO DE FREGUA EPOXICA. OBLIGATORIO EN EXTERIORES Y BAÑOS.
	PAREDES
E	BLOQUES 12x20x40cm REPELLO GRUESO Y FINO DE 1,5 DE ESPESOR MAXIMO. CON PASTA LISA PARA INTERIORES, ALINEADO Y APLOMADO. UNA MANO DE SELLADOR Y DOS A TRES MANOS DE PINTURA ANTIHONGOS.
A	PAREDES EN AREA DE BAÑO CON ENCHAPE EN AZULEJO, COLOR A DEFINIR EN OBRA POR PROPIETARIO Y/O INSPECTOR. ALTURA A NIVEL DE CIELO.
	VENTANAS
VF	VIDRIO FIJO
VM	VIDRIO MOVIL



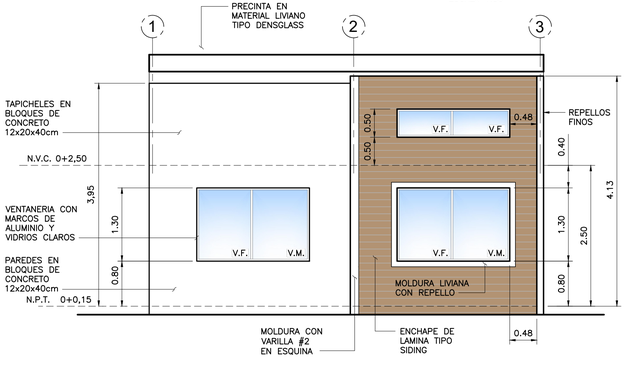
LOCALIZACION - LOTE A-40

ESCALA 1:250



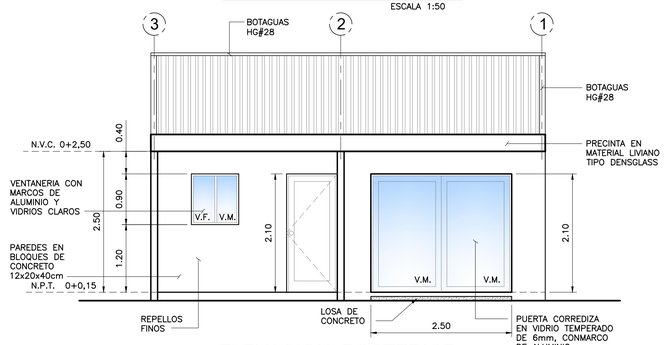
DET. FIJACION DE CLAVADOR

ESCALA 1:5



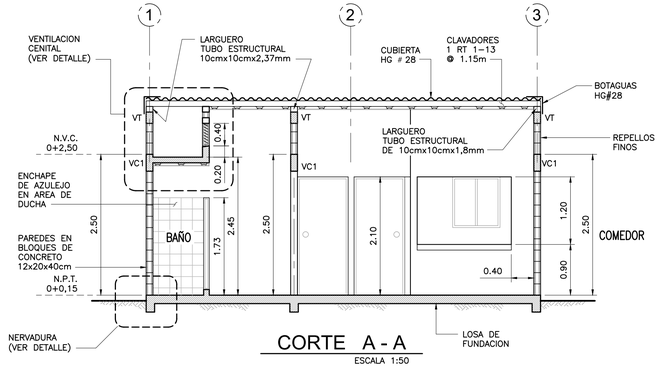
ELEVACION PRINCIPAL

ESCALA 1:50



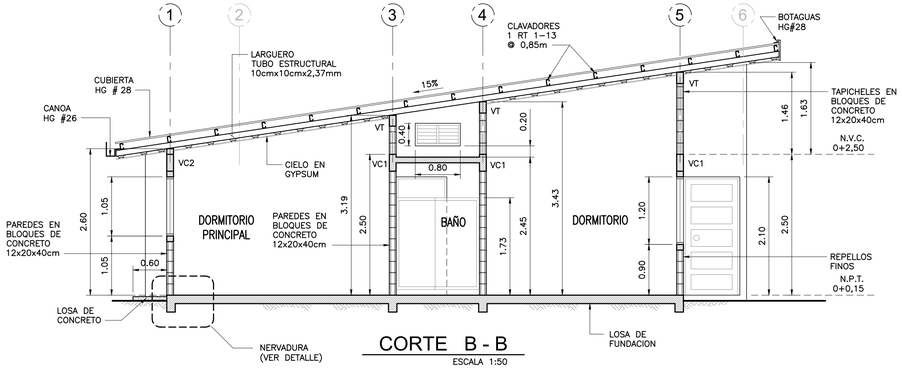
ELEVACION POSTERIOR

ESCALA 1:50



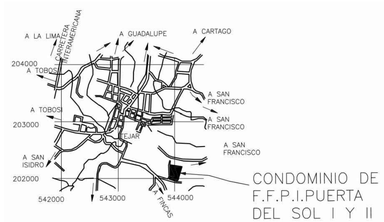
CORTE A - A

ESCALA 1:50



CORTE B - B

ESCALA 1:50



UBICACION

HOJA ISTARU
ESCALA 1:50000

CONTENIDO:

PLANTA ARQUITECTONICA
ELEVACIONES Y CORTES
NOTAS, DETALLES,
UBICACION Y LOCALIZACION

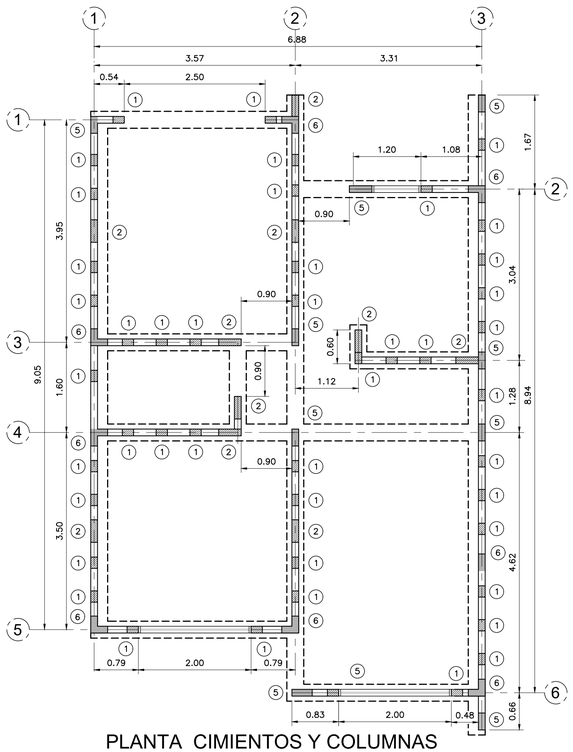
INFORMACION REGISTRO PUBLICO

PROPIETARIO: RBT TRUST SERVICES LIMITADA

CED. JUR.: 3-102-472322

Nº CATASTRO: 3-2026145-2018

FECHA	LAMINA
MAYO 2020	1 / 4



PLANTA CIMIENTOS Y COLUMNAS

ESCALA 1:50

ESPECIFICACIONES TECNICAS:

CONCRETO

- f'c= RESISTENCIA A LA COMPRESION MEDIDA EN CILINDROS DE 150mmø x L=300mm A LOS 28 DIAS.
- f'c= 210kg/cm2: FUNDACIONES, COLUMNAS, MUROS Y VIGAS.

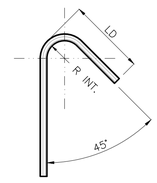
TODO CONCRETO DEBERA CURARSE DURANTE 7 DIAS. EL CONSTRUCTOR DEBERA CONTAR CON UN DISEÑO DE MEZCLA QUE GARANTICE LA RESISTENCIA ESPECIFICADA.

MAMPOSTERIA

- LOS ELEMENTOS DE MAMPOSTERIA SERAN BLOQUES DE CONCRETO TIPO A 12x20x40cm., LA RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS COLADO DEBERA SER COMO MINIMO 133kg/cm^2 Y CON UN MINIMO PARA CADA MUESTRA INDIVIDUAL DE 120kg/cm^2 Y DEBERA CUMPLIR CON LA NORMA NACIONAL MEIC 6293 Y ASTM C–90.
- TODAS LAS CELDAS DE LOS BLOQUES DEBERAN RELLENARSE HASTA NIVEL DE PISO TERMINADO CON CONCRETO CLASE A, CON UNA RESISTENCIA f'c=175kg/cm2 COMO MINIMO. ADEMAS LAS CELDAS DE LOS BLOQUES QUE TENGAN UNA VARILLA DE REFUERZO VERTICAL DEBERAN RELLENARSE COMPLETAMENTE CON CONCRETO DE IGUAL RESISTENCIA.
- EL REFUERZO HORIZONTAL DEBERA SER COLOCADO EN UNA VIGA BLOQUE. ESTA SE CHORREARA CON CONCRETO CON UNA RESISTENCIA f'c=175kg/cm2. TODO EL REFUERZO HORIZONTAL DEBERA ANCLARSE EN LOS ELEMENTOS DE BORDE UTILIZANDO GANCHOS ESTANDAR.
- LOS BLOQUES DEBERAN COLOCARSE EN HILADAS HORIZONALES Y CON TRASLAPES ENTRE HILADA E HILADA (TESON Y SOGA).EL TRASLAPE Y ALINEAMIENTO VERTICAL DE LOS BLOQUES DEBERAN SER TALES QUE PERMITA AL REFUERZO QUEDAR ALOJADOS EN CELDAS VERTICALES CONTINUAS.
- EL ESPESOR DE MORTERO PARA LAS JUNTAS ENTRE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERIAS NO DEBE SER MENOR A 10mm, NI MAYOR A 15 mm.LA RESISTENCIA DE ESTE MORTERO DE PEGA DEBERA TENER UN f'c=175kg/cm2. DEBERA SER CLASE A COMO MINIMO Y DEBERA CUMPLIR CON LA NORMA ASTM C–270. LA ARENA DEBE CUMPLIR CON LAS NORMAS ASTM C–144 Y C–33.
- LOS MIEMBROS ESTRUCTURALES SOBRE LOS QUE SE APOYE LA MAMPOSTERIA DEBEN OFRECER UNA SUPERFICIE PLANA QUE PERMITA COLOCAR UNA SISA HORIZONTAL INICIAL NO MENOR DE 10mm NI MAYOR DE 25mm DE ESPESOR.
- NO DEBEN EMBEBERSE DENTRO DE LA MAMPOSTERIA TUBERIAS O DUCTOS CUANDO INTERRUMPAN EL PASO DEL REFUERZO CONTINUO, O CUANDO NO SEAN CONSIDERADAS EN EL DISEÑO. ADEMAS LA TUBERIA NO DEBE TENER UN DIAMETRO MAYOR A UN TERCIO DEL ESPESOR DE LA PARED.
- EL TAMAÑO MAXIMO DE AGREGADO GRUESO A UTILIZAR SERA DE 1,2mm. LA ARENA Y LA DEBERAN CUMPLIR CON LAS NORMAS ASTM C–33 Y ASTM C–476.

DIMENSIONES DE DOBLEZ EN AROS

TIPO DE VARILLA	VARIABLES	
	R(mm)	LD(mm)
#2	20	75
#3	30	100
#4	40	100
#5	50	100



NOTAS SOBRE SUELOS:

1– DEBERA ELIMINARSE POR COMPLETO LA CAPA VEGETAL. POSTERIORMENTE CORRESPONDE EXCAVAR 50cm PARA SUSTITUCION DEL RELLENO DE SUELO DE MATERIAL SELECTO.

2– ANTES DE TODA CHORREA SE DEBERAN VERIFICAR TODOS LOS FONDOS DE PLACA Y APROBARSE EN BITACORA. UNA VEZ APROBADOS ESTOS ULTIMOS, DEBERA CHORREARSE UN SELLO DE CONCRETO POBRE DE 5cm DE ESPESOR fc=100kg/cm2.

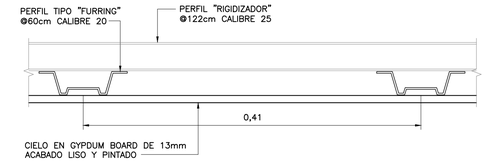
3– PARA EFECTO DEL CALCULO DE LAS FUNDACIONES SE ASUME UNA CAPACIDAD SOPORTANTE DEL SUELO DE 10 Ton/m A LA FALLA CON UN FACTOR DE SEGURIDAD DE 3,0 (10 Ton/m DE CAPACIDAD ADMISIBLE).

4– COMPACTACION DE LA SUBRASANTE AL 92% DEL PROCTOR ESTANDAR MEDIANTE EQUIPO DE PATA DE CABRA.

5– A NIVEL DE SUBRASANTE COMPACTADA SE DEBERA COLOCAR EL EL GEOTEXTIL BX 40 O SIMILAR APROBADO.

6– POSTERIORMENTE COLOCAR UN RELLENO DE MATERIAL SELECTO DE EXCAVACIONES DE MATERIAL QUE SE PUEDE OBTENER EN EL PROYECTO. ESTE MATERIAL SE DEBERA COLOCAR EN DOS CAPAS DE 25cm CADA UNA COMPACTADAS AL 92% DEL PROCTOR ESTANDAR.

7– COLOCACION DE 15cm DE MATERIAL FINAL DE LASTRE COMPACTADO AL 95% DE PROCTOR MODIFICADO.



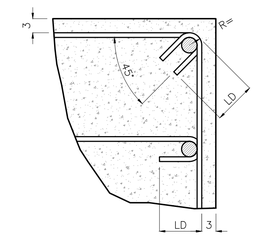
DETALLE DE CIELO EN GYPSUM

ESCALA 1:5

DOSIFICACION MEZCLAS DE CONCRETO

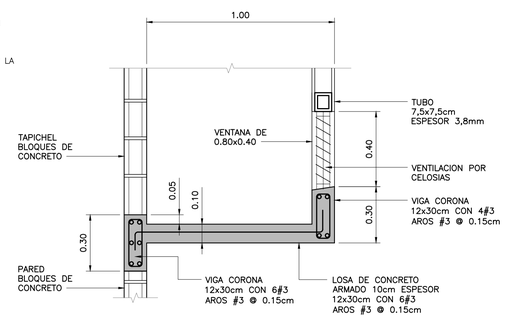
ELEMENTO	RESISTENCIA	CEMENTO	ARENA	PIEDRA
CIMIENTOS	210 Kg/cm2	1	2	3
COLUMNAS	210 Kg/cm2	1	2	3
LOSA PISO	175 Kg/cm2	1	3	4
MORTERO DE PEGA		1	3	

CONSULTA AL PROFESIONAL RESPONSABLE LA DOSIFICACION DE LAS MEZCLAS ANTES DE DAR INICIO A LAS OBRAS.



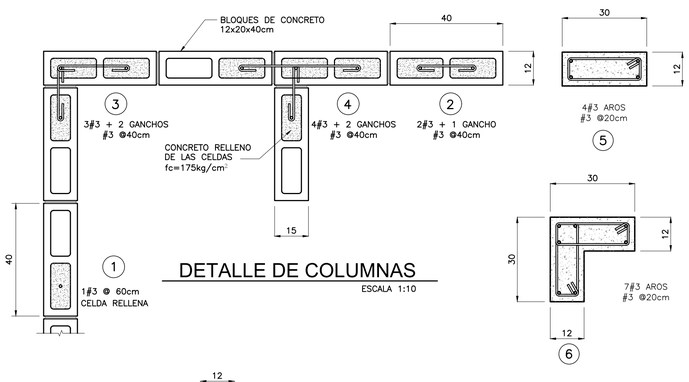
DOBLEZ DE AROS Y GANCHOS

ESCALA1: 5



DETALLE DE VENTILACION CENITAL

ESCALA 1:15

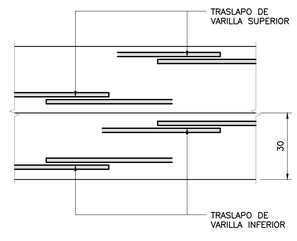


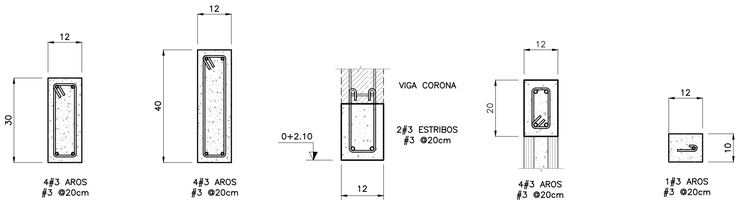
DETALLE DE COLUMNAS

ESCALA 1:10

LONGITUD DE TRASLAPO AC1318–11(CLASE A)

TIPO DE VARILLA	VAR. SUP.	VAR. INF.
#3	550	420
#4	730	560
#5	910	700
#6	1009	840





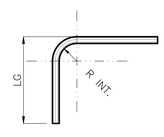
CORONA (VC1) CORONA (VC2) CARGADOR TAPICHEL (VT) BANQUINA

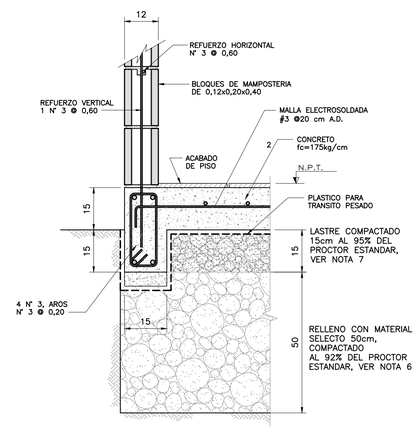
DETALLE DE VIGAS

ESCALA 1:10

DIMENSIONES GANCHO STANDARD

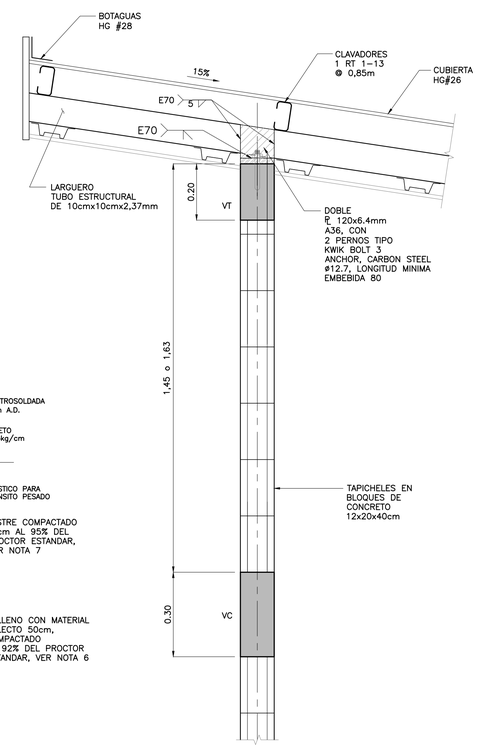
TIPO DE VARILLA	VARIABLES		
	D(mm)	R(mm)	LG(mm)
#2	6.3	20	100
#3	9.5	30	150
#4	12.7	40	200
#5	15.9	50	250





DETALLE DE NERVADURA Y LOSA DE FUNDACION

(PAREDES EXTERNAS) ESCALA 1:10



DETALLE DE TAPICHEL

ESCALA 1:10

CONTENIDO:

PLANTA DE CIMIENTOS Y COLUMNAS
DETALLES, TABLAS
Y NOTAS

INFORMACION REGISTRO PUBLICO

PROPIETARIO: RBT TRUST SERVICES LIMITADA

CED. JUR.: 3-102-472322

Nº CATASTRO: 3-2026145-2018

FECHA	LAMINA
MAYO 2020	2 / 4